



294
يوليو
2003

العصر الجينومي

استراتيجيات المستقبل البشري

تأليف: د. موسى الخلف

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

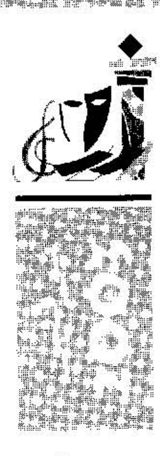
صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923-1990



العصر الجينومي

استراتيجيات المستقبل البشري

تأليف: د. موسى الخلف



عالم المعرفة

سلسلة شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د.ك
للمؤسسات	25 د.ك

دول الخليج

للأفراد	17 د.ك
للمؤسسات	30 د.ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص.ب: 28613 - الصفاة - الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: ٢٤٣١٧٠٤ (٩٦٥)
فاكس: ٢٤٣١٢٢٩ (٩٦٥)
الموقع على الإنترنت:
www.kuwaitculture.org.kw

ISBN 99906 - 0 - 108 - 9

رقم الإيداع (٢٠٠٣/٠٠٠١٢)

العصر الجينومي

استراتيجيات المستقبل البشري

طبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

مطابع السياسة ـ الكويت

جمادى الأولى ١٤٢٤ ـ يوليو ٢٠٠٣

المحتوى

المحتوى


المحتوى
المحتوى

ملحق 1

إن المكتبة العربية في حاجة ماسة إلى كتاب يسهل على القارئ استيعاب ما أفرزه التقدم العلمي والتكنولوجي في مجال البحوث المتعلقة بالوراثة والجينات. وإنه ليس من المستغرب القول إن ثورة هائلة حدثت وتحدث في المختبرات العلمية للكشف عن المزيد من أسرار الحياة بهدف تحسين حياة الإنسان وبخاصة في مجال مكافحة الأمراض التي يصاب بها.

وقد أسعدني تتبع فصول هذا الكتاب لمؤلفه الزميل الدكتور موسى الخلف أستاذ علم الحياة الجزيئي والوراثة الطبية في كلية الطب بجامعة الكويت، حيث يقدم فيه ـ بشكل مبسط وشائق ـ أعقد الأمور العلمية التي تعالج في أرقى مختبرات العالم المعنية بشؤون علم الوراثة والجينوم. وقد طرح المؤلف على المشرعين وعلماء الدين والمعنيين بالقضايا الاجتماعية والإنسانية ما استجد في مجال هذه العلوم، واقترح عليهم فتح باب النقاش على مصراعيه من أجل استحداث التشريعات في المجتمعات العربية والإسلامية التي تواكب هذا التقدم

«إن بحوث هذا الكتاب تفتح أمام القارئ العربي آفاق الاطلاع على أحدث تقنيات علم الجينوم».

أ. د. محمد سعيد فرهود

العلمي الهائل، وبخاصة مانسمعه ونقرؤه كل يوم في المجلات العلمية والطبية حول موضوعات الاستنساخ وصناعة الأعضاء البشرية واستخداماتها في العلاج الطبي، كما أن بحوث هذا الكتاب تفتح أمام القارئ العربي الاطلاع على أحدث تقنيات علم الجينوم. ونأمل أن يحدث هذا الكتاب دافعاً وحافزا لدى الباحثين والمختصين في استنباط التشريعات التي تلائم ما يستجد باستمرار في ميدان العلوم الطبية وتطبيقاتها على الإنسان، كما نأمل أن يستمر الأخ الدكتور موسى الخلف في أبحاثه في هذا المجال الحديث الخصب، لأنه من خيرة من يعالج هذه المواضيع. وفقه الله وأمثاله دائما للخير.

الأستاذ الدكتور محمد سعيد فرهود

رئيس جامعة حلب ـ سوريا



ملحق 2

من الواضح أن كل شيء في هذه الدنيا يكون مبنيا على أساس علمي محدد ودقيق. وعلماء الحياة يمضون حياتهم وهم يبحثون ويتساءلون عن أساس انضباط وتوازن العمليات الفسيولوجية والفسيوكيميائية التي تدور داخل أجسام الكائنات الحية، والتي تكون محصلتها الحياة نفسها، وأي خلل في مسار هذه العمليات يسبب لدى الإنسان ما يسمى بالعاهة الخلقية أو المرض. وعلى الرغم من التطورات الطبية الهائلة لا يزال العلم عاجزا عن فهم الآلية الجزيئية التي تسبب كثيرا من الأمراض، لأن ذلك يتطلب معرفة تامة بالمخطط الذي اعتمد علية في بناء جسم الإنسان وحياته، ومن هنا تأتي أهمية علم الجينوم البشري.

لقد ركز العلماء في العقد الماضي على معرفة الخريطة الجينومية البشرية، وقد نشر معظم تفاصيلها أخيرا، مما يجعل هذا الكتاب «العصر الجينومي واستراتيجيات المستقبل البشري» مهما لتطوير معرفة القارئ العربي، لما يتضمنه من تبسيط لحقائق علمية أساسية.

«لا يزال العلم عاجزا عن فهم الآلية الجزيئية التي تسبب كثيرا من الأمراض».

د. عبداللطيف أحمد البدر

ومما يزيد من أهمية هذا الكتاب هو الخلفية العلمية لكاتبه الدكتور موسى الخلف الذي يعَد من العلماء العرب المؤهلين للكتابة في مثل هذا الموضوع.

الدكتور عبد اللطيف أحمد البدر

عميد كلية الطب ـ جامعة الكويت



مقدمة المؤلف

«إن هذا النوع من الكتب يجب أن يتوافر بسهولة ويسر للقارئ العربي، ليساعده في تخيل المستقبل الذي سيعيشه»

المؤلف

في الخامس عشر من فبراير ٢٠٠١ أنجزت البشرية أهم وأدق مشروع في تاريخها الطويل، هذا الإنجاز الذي يتعلق بسر الحياة ويصف الحروف التي كتبت بها قصة حياة كل فرد من أفراد المجتمع الإنساني، ويكون الإنسان، ولأول مرة في تاريخ وجوده قد التفت إلى نفسه للتعرف عليها، وللغوص في أعماقها بعد أن شُغِل لزمن طويل في البحث عما يدور حوله من ظواهر، فقد تعرف على البحار والمحيطات ووصل إلى الفضاء، وكان يرسم الخرائط الدقيقة لكل اكتشافاته. وفي هذه المرة، فإن الإنسان قد تذكر نفسه، فحاول أن يتعرّف عليها عن قرب، فقرر أن يتعرّف قصّة خلقه، وقد بدأ بتعلم الأبجدية التي كتبت بها قصة حياته، وهو يحاول الآن، رسم خريطة نفسه. ويبدو لي أن بدايات الألفية الثالثة، ستشهد تقدما غير مسبوق في فهم الإنسان لنفسه، وما ينطوي على هذا الفهم من نتائج على المستقبل البشري. لقد سمى بعضهم العصر الذي تعيشه البشرية اليوم بالعصر الجينومي (The Genomic Era)، لأن اكتشاف الإنسان لأحرف الجينوم سيترك بصمات

واضحة على مستقبل الإنسانية، وقد بلغ الأمر ببعض المفكرين أن يشبهوا الخطورة التي تنجم عن اكتشاف الإنسان لأحرف الجينوم بالقنبلة الجينومية (The Genomic Bomb). ويعتقد بعضهم أن معرفة اللغة الجينومية هي خطوة أولى في الطريق الذي سيمكن الإنسان من التحكم بجيناته، وعندما يصل الإنسان إلى هذه الدرجة الرفيعة من العلم سيكون قد حاز قدراً من الحكمة التي إذا قرَرَ استخدامها، فإنه سيغير العالم الذي نعرفه اليوم، وقد يكون أول ضحايا هذا التغيير هو الإنسان ذاته.

ومع هذا العصر الإنساني الجديد بكل معانيه، وجدت لزاماً عليّ أن أطلع القارئ العربي على ما يمكن أن يحققه هذا الاكتشاف الرائد على المستقبل البشري. وحين بدأت التفكير في كتابة هذا الكتاب، وقع بين يدي بعض الأبيات من الشعر العربي القديم لامرأة «شاعرة» قالت تخاطب زوجها الذي هجرها وتحول عنها إلى بيت آخر، لأنها أنجبت له ثلاث بناتٍ، وكان ينتظر منها أن تلد له مولوداً ذكراً يحمل اسمه فأنشدت تقول:

ما لأبي الذلقاء لا يأتينا
وهو في البيت الذي يلِينا
يغضب إن لم نلد البنينا
وإنما نعطي الذي أُعطينا

وعلى الرغم من أن هذه المرأة العربية لم تدرس علم الوراثة الحديث، حيث قالت هذه الأبيات قبل أن يولد مؤسس علم الوراثة الحديث، غريغور ماندل بمئات السنين، فلسان حالها يقول، بشكل واضح ومبسط، حقيقة علمية ناصعة بأنها ليست السبب في إنجاب الإناث، وخاطبت زوجها «المئناث» الذي هجرها لاعتقاده الخاطئ بمسؤوليتها عن الإنجاب المستمر للإناث، لتقول له بكل ثقة وإصرار، وكأنها كانت قد تخرجت من فورها في أفضل الجامعات التي تدرس علم الحياة الجزيئي: وإنما نعطي الذي أُعطينا. هذه الحقيقة العلمية التي وردت على لسان هذه المرأة المظلومة، لم يتم تأكيدها، إلا منذ سنوات قليلة، حيث تبين للعلماء أن خلايا النطاف الذكرية هي التي تحدّد جنس المولود لاحتواء بعضها على الصبغي الجنسي الذكري وبعضها الآخر على الصبغي المسؤول عن الأنوثة. والحقيقة أنني أستغرب كيف تمكنت هذه المرأة من قول حقيقة علمية، وهي أن تحديد جنس المولود يعتمد على ما

يعطيه الرجل وحسب، إذ لا علاقة للمرأة في ذلك. وهكذا فإنني قلت في نفسي: سأكتب كتابا مبسطا على معظم القضايا والتطورات التي يضعها علم الوراثة في مجال الممكن، خاصة بعد هذا التطور المذهل نتيجة لمعرفة الشفرة الوراثية للجينوم البشري التي سيكون لها الدور المهم في تغيير كبير في حياتنا المستقبلية، وكلي أمل أن أساعد صاحبنا أبا الذلقاء (وما أكثر نظراءه في عصرنا هذا) على الفهم المبسط لبعض الحقائق العلمية، لما لها من أهمية في حياتنا العملية، ولكي لا تُظلم المرأة مرّة أخرى في عصرنا هذا، لأمر لا يعنيها. وحقيقة الأمر أنني آمل أن يطلع القارئ العربي، بمستوياته الاجتماعية والعلمية كافة، على بعض الأسرار التي نحملها في خلايانا التي تسيطر على شتى جوانب حياتنا. وخلال أجزاء هذا الكتاب، حاولت أن أقدم الرأي العلمي من دون التعرض للرأي الشرعي أو القانوني الذي أتركه لأصحاب الاختصاص، ولكنني حاولت أن أقدم لهم الحقيقة العلمية، وما يستطيع العلم تحقيقه في عصرنا هذا، وما يمكن أن نتصوره عن المستقبل، لأنني أعتقد أن دور العالم العربي أن ينقل إلى أمته، بلغة مبسطة، الأفكار العلمية المعقدة التي لم تكتب في لغتنا، وآمل أن أكون قد وفقت في ذلك.

وحاولت أن أنبه القارئ العربي إلى الأهمية التي يحملها مشروع الجينوم البشري، بما في ذلك حل الشفرة الوراثية، وتطبيقاته المستقبلية على المستويات جميعا. والمطلع على المكتبات في العالم الغربي، سيجد أن هناك مئات، إن لم يكن آلاف الكتب التي تبحث في مثل هذه الموضوعات التي يتناولها هذا الكتاب، ولذلك فإنني أعتقد أن هذا النوع من الكتب يجب أن يتوافر بسهولة ويسر للقارئ العربي، ليساعدهُ في تخيل المستقبل الذي سيعيشه.

ولقد بدأتُ الكتاب بالتعريف بعلم الوراثة الحديث، وما يكتنفه من أسرار شائقة ومثيرة، وفي الأجزاء: الثاني والثالث والرابع تمّ التركيز على التطور الهائل الذي خطته البشرية في نهاية القرن العشرين، حيث تم كشف اللغة الجينومية ودخول العالم الإنساني ما يسمى بالعصر الجينومي، وما له من تأثيرات مباشرة على المستقبل البشري. وفي الجزء الخامس تطرقت إلى بعض التطبيقات التي بدأنا بها نتيجة لمعرفة اللغة التي كتبت بها أحرف حياتنا التي تتجلى في قدرتنا على القيام بالتشخيص الجيني لأفراد المجتمع،

وقد تحدثت عن تأثير ذلك بجانبيه الضار والنافع على مستقبل الأفراد والجماعات وفي الجزء السادس حاولت أن أوضح ما نعرفه عن التفاعل بين الجينوم وعوامل البيئة المحيطة وتأثيرها في التطور البشري. وفي الجزأين السابع والثامن تم الحديث عن ولادة فرع جديد من فروع الطب وهو ما يسمى بطب المورثات (Genetic Medicine) وعن التطور الواسع في فهمنا للآلية الدقيقة لمعظم الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان وعن بعض المحاولات الجارية لمعالجتها بطرق جديدة بوساطة ما يمكن تسميته «الجراحة الجينية» وما يمكن أن تقدمه خلايا المنشأ الجنينية التي تم الحصول عليها أخيرا من جنين الإنسان، وعن إمكان تحقيق وجود مجتمع خال من الأمراض في منتصف القرن الواحد والعشرين. وفي الجزء التاسع تحدثت عن تصور العلم لحل مشاكل الشيخوخة، والبحث عن الطرق والوسائل التي تسمح بإطالة متوسط الأعمار التي نعيشها حالياً إلى فترات أطول، على أن تكون خالية من المشاكل التي نعانيها خلال مرحلة الشيخوخة، وفي الجزء العاشر عرضت موضوع الاستنساخ بفوائده وأضراره، خاصة بعد الموت المبكر للنعجة دوللي، وعن المحاولات الجارية لاستنساخ الإنسان. وتحدثت في الجزء الحادي عشر عن المحاولات الجارية لتحقيق ما يسمى بالتحسين الوراثي للإنسان والحيوان والنبات، وهل يمكن أن نتصور أن من سيتولى قيادة هذا الكوكب الجميل (إلى الشقاء أو إلى السعادة) هم هؤلاء الذين تم تحسين مورثاتهم بالطرق التي بدأنا نعرفها اليوم. وفي الجزء الأخير جرى الحديث عن دور التقنيات الحديثة، وعن الضرورة الملحة لإعادة النظر في بعض القوانين الاجتماعية التي تعودناها، وعن الضرورة الملحة في دفع المجتمعات العربية والإسلامية للبحث والتفكير والاجتهاد في بعض الجوانب الشرعية والقانونية والأخلاقية التي برزت نتيجة للتطور العلمي الذي نشهده اليوم.

وأرجو أن أكون قد وفقت في عرض هذا الموضوع وتوضيح الأفكار العلمية الدقيقة بشكل سهل ومبسط، وأن أكون قد أسهمت في طرح بعض التساؤلات الملحة على أولويات جدول أعمال صنّاع القرار، من قانونيين وعلماء دين وفكر، للتفكير بهذه التطورات القادمة وإرهاصاتها والاستعداد لإيجاد الحلول الملائمة التي تناسب مجتمعاتنا العربية والإسلامية في هذا المجال.

وختاما... فإن من الفضل نسب الفضل إلى أهله، ولذا فإنني أتقدم بالشكر والعرفان إلى الأستاذ الدكتور محمد سعيد فرهود رئيس جامعة حلب لتفضله بتقديم هذا الكتاب، (شاهد ملحق رقم ١)، كما أشكر الأستاذ الدكتور عبداللطيف أحمد البدر العميد السابق لكلية الطب في جامعة الكويت، الذي تفضل بالتقديم العلمي بعد قراءته لبعض أجزاء الكتاب، وأتقدم أيضا بالشكر الجزيل للأستاذة الدكتورة فريدة محمد أحمد العوضي (قسم الكيمياء الحيوية، كلية الطب، جامعة الكويت)، وإلى الأستاذ الدكتور ناجي سعود الزيد (قسم علم وظائف الأعضاء، كلية الطب، جامعة الكويت)، وإلى الأستاذ الدكتور عجيل جاسم النشمي والأستاذ الدكتور محمد رواس قلعه جي (كلية الشريعة، جامعة الكويت)، لتفضلهم بقراءة بعض أجزاء هذا الكتاب، وتكرمهم بتزويدي بآرائهم البناءة التي كان لها أطيب الأثر في نفسي حيث أثْرت هذا المبحث. كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ علي شحود جرّو، مدرس اللغة العربية في ثانوية أحمد العدواني - الكويت، لتفضله بالتدقيق والتنقيح اللغوي لهذا الكتاب. وأود أن أتقدم هنا بعظيم الامتنان إلى جامعة الكويت وإلى كلية الطب، فإليهما - بعد الله - يرجع الفضل في ولادة هذا الكتاب ورؤيته النور. ويستطيع القراء تزويدي باقتراحاتهم حول الآراء المطروحة في هذا الكتاب على البريد الالكتروني: m_alkhalaf@hsc.kuniv.edu.kw

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

لأنه نعم المولى ونعم النصير

الدكتور موسى الخلف

كلية الطب ـ جامعة الكويت





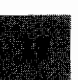
ا

علم الوراثة الحديث وبداية العصر الجينومي

«إن الخمسين سنة القادمة ستكون مليئة بالمفاجآت».

المؤلف

إن المتتبع لعلم الوراثة، يتذكر دائما ثلاثة مواقف يمكنها أن تعطينا صورة واقعية للتطورات التي طرأت على هذا العلم الإنساني، ففي عام ١٩٠٢ حدثت جريمة مروّعة في باريس، وللكشف عن هوية الجاني استُخدمت ولأول مرّة في التاريخ بصمة الإبهام اليسرى لتحديد المجرم، لأنه ولحسن الحظ قد ترك بصمة إصبعه في مسرح الجريمة، فهو لم يتوقع أنه خلق وهو يحمل شيئا يميزه عن غيره من البشر، وهو تلك البصمة في إبهامه. وقد تعلم المجرمون بعد ذلك، أن يغطوا أيديهم قبل الولوج في جرائمهم. وعلى الرغم من ذلك فقد استمر اعتماد هذه الطريقة لكشف المجرمين حتى يومنا هذا. وفي عام ١٩٨٥ حدثت جريمة أخرى، وهذه المرة في إنجلترا، حيث قتلت فتاتان قرب قرية «ليسستر شاير»، ولم يعثر رجال الشرطة على أيّ أثر لبصمات غريبة في ساحة الجريمة، فقد كان المجرم ـ على ما يبدو ـ حريصا على حبك الجريمة بطريقة متقنة.



ومن جديد، تمّ اكتشاف المجرم بطريقة علمية جديدة كان العلماء قد طوروها، وهي البصمة الوراثية، فقد ترك المجرم أثرا آخر من دون أن يشعر، حيث وجد المحققون بعضا من الشعرات التي تعود إليه، وهي تحتوي على مادة الـ «د. ن. أ» التي تميزه عن جميع بني البشر، فالبصمة الوراثية لمادة الـ «د. ن. أ» فريدة في تعبيرها عن الشخصية. وفي عام ١٩٩٠ حصلت حادثة من نوع ثالث، وهذه المرة في أمريكا، ولكنها لم تتعلق بعالم الجريمة، وإنما بعالم الطب، فقد حصلت أول عملية جراحة للجينوم البشري، وفيها تم إصلاح غلط حرفي في أحرف مورثة صغيرة كانت قد حصلت عليها الطفلة Ashanti من أبويها وبذلك استطاعت العيش، فقد بعثت لها الحياة مع الأحرف الصحيحة للمورثة التي دخلت في جينومها من جديد.

يقول الله تعالى: ﴿قل سيروا في الأرض فانظروا كيف بدأ الخلق﴾ (سورة العنكبوت: ٢٠). ويقول أيضا: ﴿قل انظروا ماذا في السموات والأرض﴾ (سورة يونس: ١٠١)، وفي هذه الآيات يبدو واضحا أن الله سبحانه وتعالى يطلب من الناس كافة (مسلمين وغير مسلمين) النظر والبحث في أصل الخلق، لما في ذلك من فوائد للناس، وقد سمع الناس هذا النداء من أجل النشاط البحثي (Scientific Research) عن أصل الحياة ... وقد كان للمسلمين والعرب الأوائل دور رائد في هذا المجال، فقد لبّى النداء أبو بكر الرازي، وجابر بن حيان، وابن سينا، وابن النفيس، وغيرهم وكان لهم دور كبير في التقدم العلمي الذي تميزت به الحضارة العربية الإسلامية خلال قرون طويلة من الزمن، وفي هذا العصر سمعت أوروبا ومن بعدها أمريكا هذا النداء وفهمته ثم قامت بتطبيقه، فقد أنشأت أفضل مراكز البحث وكرمت العلماء والباحثين الذين قدموا للبشرية أفكاراً جديدة عن قصة الخلق، ولم يعرف هذا التكريم والتشجيع حدودا أو حواجز عرقية أو دينية، فكان العالم أحمد زويل المصري الأصل وكانت ماري كوري البولندية الأصل، وهكذا فإن الشيء الوحيد الذي لا يمكن أن ينتمي إلى أمة واحدة، أو عرق واحد، هو العلم بأنواعه كافة، ونحن هنا سنتحدث عن علم الحياة الجزيئي، ومراحل تطوره، منذ مئات السنين إلى يومنا هذا.

الجينوم : مادة الحياة وقراءة لبعض قصص الكتاب العظيم

بعد الانتهاء من قراءة أكثر من ٩٧ بالمائة من الحروف التي يتألف منها الجينوم البشري في شهر حزيران (يونيو) من عام ٢٠٠٠، أطلق العلماء أسماء كثيرة تصف الجينوم، فقد سماها بعضهم «الكتاب المجهول» أو «الكتاب العظيم»، وبعضهم الآخر سماها «كتاب الحياة»، وقد وصفها بعض ثالث بـ «الوجيز»، وسماها آخرون «شفرة الشفرات»، ومعظم هذه الأسماء يعبر عن نوع من الغموض والحيرة في أذهان هؤلاء العلماء، حيث أجمعوا على أن القراءة الكاملة لتسلسل حروف الجينوم البشري لم تغير، على الأقل في الوقت الحاضر، الشيء الكثير في حياتنا وبشكل خاص على المدى المنظور. وهنا يجب أن نقول: إن قطف ثمار اكتشاف الـ «د. ن. أ» كأساس للمادة الوراثية في عام ١٩٥٣ بوساطة «واطسون وكريك»، الذي اتفق الجميع على عدّه من أهم اكتشافات القرن العشرين، استغرق وقتا من الزمن، فمعالجة الأمراض الوراثية بوساطة الجينات لم تبدأ إلا منذ فترة قريبة، وهكذا فمن المتوقع أن تكون الفوائد الناتجة من قراءة الأبجدية التي كتب بها الجينوم ستجد بعض تطبيقاتها النور في الخمسين عاماً القادمة، أي في منتصف القرن الحادي والعشرين، وهذا ما يتوقعه معظم العاملين في مجال التقنيات الحيوية، وهذا ما سمعته من العالم أحمد زويل الحائز على جائزة نوبل في الكيمياء، خلال الزيارة التي قام بها إلى جامعة الكويت في عام ٢٠٠٠، أي قبل أشهر قليلة من إعلان قراءة الشفرة الوراثية، وعلى الرغم من أن كلام العالم زويل في ذلك اليوم على مدرج جامعة الكويت، كان يدور حول فكرة واحدة وهي محاولته التركيز على أن الحكومات العربية يجب أن تضع خططاً جديدة لسياسات البحث العلمي، تعتمد على نقطتين، وهما: توفير الفرص الملائمة على المستويين البشري والمادي للبحث العلمي، وقد ألح على أن الفرصة ستفوت مرة أخرى على العرب إن لم يتغيروا، حيث إن البحث العلمي سيغير من حياة البشرية، خاصة فيما يتعلق بالتطور الهائل في مجال التقنيات الحيوية وتطبيقاتها المتوقعة في الطب.

وهكذا، فإن الخمسين سنة القادمة ستكون مليئة بالمفاجآت، ويجب القول: إن ما تحت أيدينا اليوم من معلومات عن مادة الحياة، هو إنجاز عظيم يتمثل في إيجاد الأبجدية التي كتبت فيها قصة الإنسان، وقد كتبت هذه القصة

بأربعة حروف وهي عبارة عن أربعة عناصر كيميائية، وحقيقة الأمر أن هذه القصة طويلة جدا وقد تكون من أطول القصص التي عرفتها الإنسانية، قصة تحتاج كتابتها إلى ٤٠٠٠ كتاب من حجم هذا الكتاب، أي ما يقارب ١٢٠٠٠٠٠ صفحة، ويجب القول إن هذه القصة صعبة الفهم في وقتنا الحالي، فالقارئ لبعض صفحاتها يشعر بالملل والضجر حيث يمر في قراءته على صفحات متكررة، وأحيانا يكون التكرار لحرف واحد، فقد تراه متكررا آلاف المرات، وقد تمر أحيانا على صفحة واحدة، وقد كتبت بطريقة غريبة عن مئات الصفحات التي سبقتها والتي تليها، وهكذا فإن القارئ سيصل إلى مرحلة يضيع فيها كالذي يتوه في الصحراء في ليلة ظلماء، ولبيان طول هذه القصة المكتوبة في كل خلية من خلايانا، ولتقريبها إلى ذهن القارئ فلو حاول أحدهم قراءتها بصوت مسموع لشخص آخر يستمع إليه، فإن الزمن المطلوب هو خمسون سنة من القراءة المستمرة!

كيف يمكن أن نتصور أن ما يعادل ١,٢ مليون صفحة (حوالى ٣,٢ بليون حرف) يمكن كتابتها ضمن حيز ضيق لا تتجاوز أبعاده بضعة ميكرونات (١ سنتيمتر يساوي ١٠ الآف ميكرون)؟، والحيز الضيق هنا هو نواة الخلية. هذه الموسوعة المؤلفة من ٤ آلاف كتاب يمكن تقسيمها إلى ٢٤ جزءا، وكل جزء يمثل ما يسمى بالصبغي أو كروموزوم (انظر التعريف)، وهكذا فإن الحروف التي تؤلف الصبغي الواحد تحتاج إلى ٦٠ ألف الصفحة، ويعتقد العلماء أن المليارات الثلاثة من الحروف التي يتكون منها الجينوم (انظر التعريف)، يمكن كتابتها على خط طوله متران، وهو الطول الفعلي لمجموع الصبغيات الموجود داخل النواة. وهنا يبرز سؤال آخر هو: كيف يمكن كتابة حوالى ٣,٢ بليون حرف على مسافة مترين؟ وكيف استطاع العلماء قراءة هذا الكم الهائل من الحروف وهي مضغوطة بشكل كبير حتى أمكن وضعها ضمن هذه المسافة الضيقة؟

ولو أردنا حساب مجموع الطول الكلي الموجود داخل خلايا الطفل الوليد الذي يتكون من ١٠٠ ترليون خلية لوصلنا إلى النتيجة التالية: طول المادة الوراثية عند هذا الطفل يعادل ٢٠ ضعف المسافة بين الأرض والشمس.

الخريطة الوراثية لكل شخص، لو كتبت على الحاسوب لاحتاجت إلى ما يعادل ٧٥٠ ميغا بايت (Megabytes) وفي حال فهم الخريطة الجينية من قبل العلماء في المستقبل (خلال الخمسين سنة القادمة)، سيتجلى فهمهم

بفهم الآلية التي تعمل بها مورثاتنا وكيف تتفاعل المورثات معا، بحيث يؤدي إلى الفهم الكامل لأسباب معظم الأمراض التي تصيب الإنسان، فمن أهم التطبيقات لهذا الفهم، تزويد كل شخص ببطاقة خاصة تحمل لمحة عن سيرة حياته وعن أوقات الأمراض التي ستصيبه في المستقبل، وعن كيفية علاجها، وعن قدرته على تحمل العلاج بوساطة بعض الأدوية، وعن إرشاده للامتناع عن استخدام أدوية أخرى لا تلائم جسمه.

ويُتوقع أيضا أن يتم تجهيز المستشفيات بأدوات للفحص السريع للأجنة، وهي في مراحل التخلق المبكر، وهذا سيسمح باستبعاد الجنين الذي يحمل بعض العيوب في مورثاته. ويُؤمَل أيضاً أن تكون مشافي المستقبل مجهزة بالأدوات اللازمة لإصلاح مورثات الجنين، وهو في طور التشكل. وبناءً على ذلك فإن الغربيين يتخيلون أن الإنجاب والتكاثر، وحفظ النسل، لن يتم فقط بواسطة الزواج بل إنهم يتوقعون أن الأجيال القادمة سيتم إنتاجها في المختبرات ابتداءً من خلايا يتم استخراجها من المختبر عند الحاجة لذلك.

وفهم اللغة الجينية سيكون له دور كبير، وغير محسوب النتائج، في إظهار الحقائق الخفية في جوانب الحياة الإنسانية التي تتمثل في ربط اللغة الجينية بالصفات التي تكوّن الشخصية.

ويمكن تصوّر الواقع الحالي لهذا الاكتشاف، كلعبة كرة القدم التي انتهى شوطها الأول. وكانت النتيجة باكتشاف الأبجدية التي يتكون منها سر الخلق ومن الصعب أن نتصور الآن ماذا ستكون نتيجة الشوط الثاني، خاصة أن هناك أشياء كثيرة ليس لها حل الآن ولكن، وبكل تأكيد نستطيع القول : إن نتيجة الشوط الثاني من هذه اللعبة الشائقة سيكون لها أكبر تأثير في المستقبل الإنساني.

وقد جاء اكتشاف اللغة الوراثية التي تكتب بها المعلومات الوراثية في الخلية على مراحل مستمرة في التاريخ الإنساني، وقد تكون أهم هذه المراحل هي تلك التي عُرف فيها للمرة الأولى في التاريخ البشري، أن المادة الوراثية هي الـ «د. ن. أ» الموجود في أنوية الخلايا الحية، وليس كما ساد الاعتقاد، ولفترات طويلة، بأن المادة الوراثية هي عبارة عن البروتين الموجود في الخلية. وسأحاول هنا أن أقدم للقارئ، وبشكل مبسط، تاريخ التطور العلمي حتى يتمكن القارئ أن يقدر ضخامة الإنجاز الأخير المتمثل بقراءة الأحرف التي تتكون منها الجينوم وأثرها على المستقبل الإنساني.

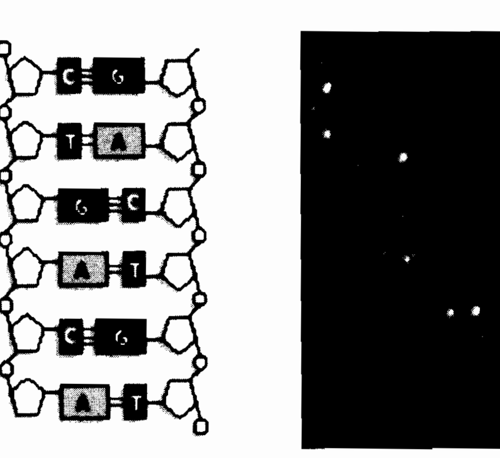
نقاط مضيئة في تاريخ التطور العلمي: التحول من الوصف الشكلي إلى دراسة المضمون

إن تاريخ التقدم العلمي الذي غير علم الوراثة خلال القرنين الماضيين يمكن تشبيهه بحياة الرسام الذي أنجز أفضل اللوحات خلال حياته، وكل لوحة تميز حقبة خاصة في حياة ذلك الفنان. وهكذا فإن علم الوراثة قد مرّ بمراحل مميزة يمكن تقسيمها إلى أربع مراحل:

المرحلة الأولى أو المرحلة التقليدية (١٨٣٩- ١٩٤١): وقد تميزت بوصفها الدقيق للظواهر العلمية، وبدأت بالوصف الرائع لبنية الخلية الدقيقة على يد العالم (تيودور شوان) Schwan في عام ١٨٣٩. وقد تضمنت أيضاً وصف الصفات الوراثية وكيفية انتقالها من جيل لآخر من قبل العالم (ماندل) Mendel في عام ١٨٦٥. وتم اكتشاف الصبغيات من قبل العالم (فليمنغ) Fleming عام ١٨٧٧، وفي عام ١٩١١ استطاع العالم (ولسون) Wilson أن يوضح أن المورثة (انظر التعريف) المسؤولة عن مرض عمى الألوان توجد على الصبغي إكس X، وفي عام ١٩٢٧ استطاع العالم (مولر) Muller أن يشرح الآلية التي تحدث فيها الطفرات الوراثية، وفي عام ١٩٤٦ اقتُرحت النظرية القائلة إن كل أنزيم في الخلية يقابله مورث معّين.

المرحلة الثانية أو المرحلة الجزيئية الحديثة (١٩٤٢- ١٩٦٩): وقد امتازت هذه المرحلة بدراسة المادة الحية على المستوى الجزيئي، وتجلى ذلك بالوصف الدقيق والرائع لذرات المادة الحية، وكيفية تفاعل هذه الذرات والجزيئات بعضها مع بعض لإعطاء الصورة النهائية للمادة الحية، وبدء فهم آلية عملها. في بداية الأمر كان الاعتقاد السائد بين العلماء أن المادة الوراثية التي تنتقل من الآباء إلى أبنائهم تكون من البروتينات (انظر التعريف) وليس من الـ «د. ن. أ» (انظر التعريف). وقد ساد هذا الاعتقاد حتى عام ١٩٤٤، حيث إنهم لم يكترثوا بمادة الـ «د. ن. أ» لسبب بسيط وهو أن التركيب الكيماوي للـ «د. ن. أ» يتميز ببساطة متناهية، فهو يتكون من أربع قواعد آزوتية (أدني، غوانين، ثيمين، سيتوزين) وسكر الريبوز المنزوع الأوكسجين وزمرة فوسفات، فقد كانوا يعتقدون أن المادة الوراثية يجب أن تتميز بالتعقيد ولذلك أهملوا تلك المادة البسيطة التركيب، وركزوا جل اهتمامهم حول البروتينات التي تتميز بأنها أكثر تعقيداً من مادة الـ «د. ن. أ»، وفي هذه المرحلة أُثبت لأول مرة أن الحمض النووي الريبي المنقوص الأوكسجين «د. ن. أ» هو المادة الوراثية، وكان ذلك في عام ١٩٤٤ من قبل العالم Oswald T. Avery، حيث كان الاعتقاد السائد في ذلك الوقت أن المادة الوراثية هي البروتين (وبالطبع فإن البروتين

ليس بالمادة الوراثية لأنه ليس هو الذي يُتوارث من جيل لآخر). وفي الواقع إن إثبات أن المادة الوراثية هي الـ «د. ن. أ» وليس البروتين قد امتد لفترة من الزمن، وشارك فيها كبار علماء تلك الحقبة، وقد جاءت بالتدريج، ففي عام ١٩٥٠ اكتُشِفت البنية الكيميائية للمادة الوراثية من قبل العالم Chargaff التي أوضح فيها أن العناصر الكيميائية التي يتكون منها جزيء الـ «د. ن. أ» هي أربعة عناصر فقط، (أدينين، غوانين، ثيمين، سيتوزين) بالإضافة إلى جزيء فوسفات وجزيء سكر منقوص الأوكسجين. لقد شهد عام ١٩٥٣ أعظم تطور علمي، وقد جاء على يد العالمين Watson وCrick (واتسون وكريك)، وهذا يعد برأي العلماء أهم اكتشاف جرى في القرن العشرين، حيث قدّم العالمان (واتسون وكريك) وصفاً دقيقاً ومتكاملاً للبنية التركيبية ثلاثية الأبعاد لجزيء الـ «د. ن. أ»، وشرحا فيه كيف أن كل جزيئة «د. ن. أ» هي (إن جاز التشبيه) بمنزلة اتحاد من خيطين يكمل أحدهما الآخر. وهذان الخيطان يلتفان أحدهما حول الآخر، ليشكلا ما يسمى بالبنية الحلزونية المضاعفة (الشكل رقم ١).



الشكل (١): البنية التركيبية لقطعة من الـ «د. ن. أ» طولها ٦ جزيئات قاعدية أو أسس أو أحرف. وقد وصفت لأول مرة من قبل (واتسون وكريك). ويلاحظ ارتباط الشريطتين مع بعضهما بوساطة الروابط الهيدروجينية الموجودة بين الأسس، وتكون الرابط بين الستوزين والغوانين ثلاثية في حين أنها ثنائية بين الأدنين والثيمين. تتابع هذه الأحرف في الجينوم يؤلف ما يسمى «كتاب الحياة»، ويوجد فيه ٣,٣ بليون حرف تختلف بطريقة ترتيبها أو تتابعها من إنسان إلى آخر (صورة اليسار). والصورة الموجودة على اليمين تمثل البنية الحلزونية الثلاثية الأبعاد.

وعند اكتشاف ذلك قال واتسون لأستاذه الذي يشرف عليه ما يلي: «أعتقد أننا قد اكتشفنا سر الحياة!». ومُنِحا جائزة نوبل لعام ١٩٦٢ تقديراً لجهودهما في ذلك الاكتشاف. وقد ساهمت البنية المقترحة لجزيء الـ «د. ن. أ» من قبل واتسون وكريك في توضيح الآلية التي يجري تضاعف وتناسخ جزيئات الـ «د. ن. أ» وعملية حفظ المادة الوراثية من جيل لآخر من خلالها. وبعد هذا الاكتشاف المهم لم يعد هناك مجال للشك في أن الـ «د. ن. أ» هو المادة الوراثية. ولكن السؤال الذي طرح نفسه بقوة من جديد هو عن كيفية انتقال المعلومات الوراثية داخل الخلية الحية، وعن كيفية تزويد الخلية بالبروتينات الضرورية التي تسهم في عملية نمو الخلية وتكاثرها بالإضافة إلى ما تحتاج إليه الخلية في أثناء عملية الاستقلاب. وفي عام ١٩٥٦ تمكن العالمان Tijo وLevan من إثبات وجود ٤٦ صبغيا (Chromosome) في كل خلية إنسانية. وقد ساعد هذا الاكتشاف على البدء في تشخيص الأمراض الصبغية. وفي العام نفسه (١٩٥٦) تمكن العالم البريطاني Frederic Sanger من تحليل البنية الجزيئية لهرمون الأنسولين، وهي تتمثل بوجود ٥١ حمضاً أمينياً. وفي الفترة نفسها برهن العالم (فيرون انغرام) Ingram أن المرض المسمى Sickle Cell Anemia (فقر الدم المنجلي) يحدث نتيجة لتغيير بسيط في تركيب مادة هيموغلوبين الدم حيث تؤدي إلى تغير أحد الأحماض الأمينية التي تشكل البنية الأساسية للبروتين. ومن أهم اكتشافات هذا العام هو ما بينه العالم Kornberg Arthur عن طبيعة الأنزيم المسمى (DNA Polymerase) أو أنزيم تركيب الـ «د. ن. أ»، وبمعنى آخر هذا الأنزيم هو الذي يقوم ويدير عملية تركيب (DNA Synthesis) أو عملية تضاعف الـ «د. ن. أ» (DNA Replication)، ونتيجة لهذا الاكتشاف فقد أصبح ممكنا، وبعد فترة قصيرة، القيام بعملية إنتاج أو تركيب أو استنساخ أي جزيئة «د. ن. أ» اصطناعيا أو مخبريا في أنبوب الاختبار (in vitro).

وفي عام ١٩٥٩ أثبت العالم الفرنسي Jerome Lejeune أن سبب مرض المنغولي (Down's Syndrome) يعود إلى وجود ٤٧ صبغياً بدلاً من ٤٦ في خلايا المريض وأن الصبغي الزائد هو الصبغي رقم ٢١ أي أن المريض لديه ثلاثة صبغيات برقم ٢١ حيث الإنسان السليم لديه صبغيان برقم ٢١ أحدهما ورثه من أبيه والثاني ورثه من أمه. أما في حالة المصاب بمرض المنغولي فهو قد ورث صبغيا واحدا من أبيه واثنين من أمه، وهناك بعض الحالات التي

تحصل فيها الزيادة نتيجة للحصول على صبغيين من الأب وليس من الأم كما هو معهود. ويعد هذا الاكتشاف أول إشارة إلى الربط بين المادة الوراثية متمثلة بالـ «د. ن. أ» وبعض الأمراض التي يصاب بها الإنسان. وفي بداية الستينيات بدأ العلماء بتحديد الكيفية التي يجري فيها انتقال المعلومات الوراثية على شكل رسائل مشفرة من الـ«د. ن. أ» إلى البروتين وأول اكتشاف في هذا المجال كان للعالمين Francois Jacob وJacques Monod من معهد باستور في باريس، حيث أظهرا الطريقة التي تنتقل من خلالها المعلومات الوراثية عند الكائنات وحيدة الخلية المسماة طلائعيات النوى (Protokaryotes) وسموها نظرية الأوبيرون (Operon theory). وفي عام ١٩٦١ تم اكتشاف ما يسمى بالحمض النووي الريبي الرسول (Messenger Ribonucleic Acid mRNA) أو «م. ر. ن. أ»، وهو المادة التي يجري نسخها من الـ «د. ن. أ» ليقوم بنقل الرسالة الوراثية، وذلك بفرض الصيغة التي يتشكل منها البروتين.

المرحلة الثالثة تمتد من ١٩٧٠ إلى عام ١٩٩٦ وتسمى بمرحلة تأشيب الـ«د. ن. أ» (Recombinant DNA era): وتتميز هذه المرحلة بتطور التقنيات المتعلقة بطرق تحليل الأحماض النووية (د. ن. أ.، ر. ن. أ.) بالإضافة إلى عزل ومعاينة كثير من المورثات المسؤولة عن الكثير من الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان. في عام ١٩٧٠ اكتشف العلماء مواد لها طبيعة بروتينية جرت تنقيتها وعزلها من بعض الكائنات وحيدة الخلية (طليعيات النوى)، وقد سميت الأنزيمات القاطعة أو المحددة (Restriction Enzymes) وأهم ما يميز هذه الأنزيمات هو قدرتها على كسر أو قطع حبال الـ «د. ن. أ». في أماكن محددة ومميزة على جزيئة الـ «د. ن. أ». وأن هذه الأنزيمات تقطع الـ «د. ن. أ». بعد أن تتعرف على سلاسل خاصة ومحددة ضمن جزيئة الـ «د. ن. أ»، هذه السلاسل الخاصة إنما هي قطعة صغيرة جداً من حبل الـ «د. ن. أ» الطويل وطولها يتراوح بين ٤ إلى ٨ أسس مزدوجة(base pair). السلسلة الخاصة التي يتعرف عليها الأنزيم المسمى BamHI هي كالتالي: (GGATCC) وللعلم فإن طول حبل الـ «د. ن. أ» للصبغي الواحد قد يتجاوز ٢٠٠ مليون أساس مزدوج (انظر تعاريف وحدات القياس المستخدمة للتعبير عن طول المادة الوراثية). هذه السلاسل الخاصة تتكرر مرات عديدة على حبل الـ «د. ن. أ»، وبالتالي فإن الأنزيم سيقطع هذا الحبل بعدد المرات

نفسها التي تتكرر فيها سلاسله الخاصة. وقد تبيّن أخيرا أن لكل أنزيم سلسلة خاصة به ولا يعرفها سواه، ولقد تبين أيضا أن لهذه السلاسل أنواعا، فمنها ما يتصف بأنه كثير التردد أو التكرار في الصبغي، ومنها يتردد أو يتكرر مرات قليلة ومعدودة عبر خيوط الـ «د. ن. أ» أو ما يسمى الصبغيات. وهكذا فإن عدد المرات التي يقطع فيها الأنزيم حبل الـ «د. ن. أ» يتناسب طردا مع عدد المرات التي تتكرر فيها سلسلته الخاصة به، فمثلا إذا أخذنا الصبغي رقم ١ وهو أكثر الصبغيات طولا (٢٠٠ مليون أساس مزدوج) وحاولنا تقطيعه بأحد الأنزيمات فإن عدد القطع التي ستنتج سيكون متناسبا بشكل طردي مع عدد السلاسل المتكررة، فقد يصل عدد القطع التي يمكن الحصول عليها إلى الملايين، أو بضعة آلاف فقط إذا كانت السلاسل التي يتعرف عليها الأنزيم قليلة التكرار.

إن اكتشاف الأنزيمات القاطعة، ساعد بشكل كبير على دراسة الـ «د. ن. أ» بطريقة سهلة ودقيقة، وأسهم بشكل كبير في دراسة المورثات كلا على حدة حيث إنه قبل هذا الاكتشاف لم يكن ممكناً دراسة الـ «د. ن. أ»، وذلك لصعوبة السيطرة والتحكم بجزيئات الـ «د. ن. أ» الطويلة. فقد ذكرنا سابقاً أن جزيئة الـ «د. ن. أ» التي يتشكل منها الصبغي رقم ١ قد تزيد على ٢٠٠ مليون أساس مزدوج في الطول، وهذا هو السبب في عدم القدرة على الخوض في أعماق الجزيئة، وفي عدم معرفة كل التفصيلات، إلا بعد اكتشاف الأنزيمات القاطعة التي سمحت بتقسيم هذه الجزيئات الطويلة إلى قطع صغيرة تدرس كل منها على حدة. وفي الفترة نفسها التي اكتُشفت فيها الأنزيمات القاطعة اكتُشفت أيضا الأنزيمات الرابطة أو اللاحمة (DNA Ligase)، وبفضل ذلك أصبح ممكناً إعادة لحم وربط القطع الصغيرة بعد قطعها، وبالتالي التمكن من إنتاج مايسمى جزيئات «د. ن. أ» هجينة (Recombinant DNA molecule)، أي أنها مؤلفة من «د. ن. أ» من مصدرين مختلفين، كأن يتم ـ مثلاً ـ إنتاج جزيئة مهجنة من «د. ن. أ» إنساني تم ربطها ولصقها مع «د. ن. أ» من جرثومة أو بكتريا لتكوين جزيئة «د. ن. أ» هجينة يمكن إدخالها إلى جرثومة صغيرة، وعندما تتكاثر الجرثومة في وسط مغذٍ فإن «د. ن. أ» الجرثومة ككل بما في ذلك الـ «د. ن. أ» الهجين سوف يتضاعف بعد كل انقسام خلوي، وبهذه

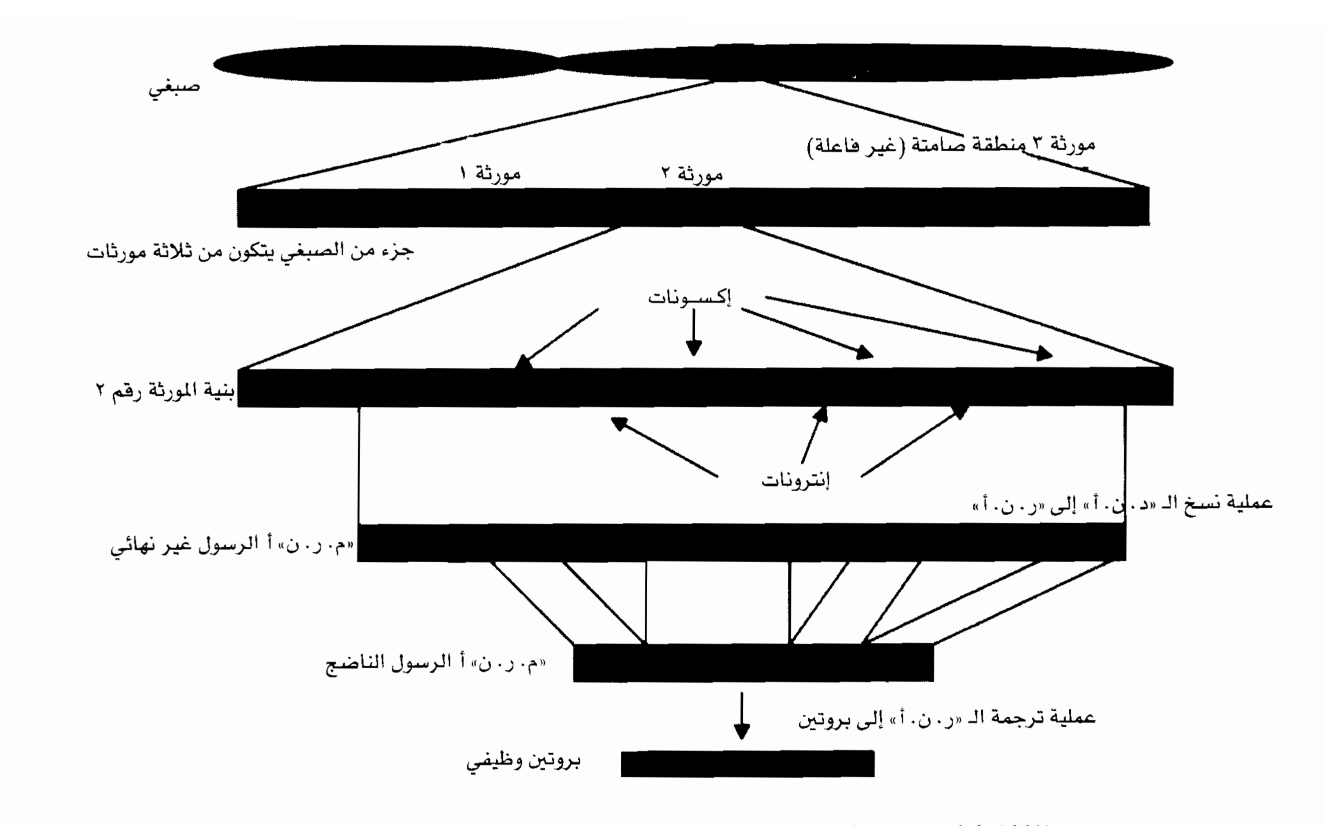
الطريقة فإنه يمكن تكثير أو استنساخ الجزيئة الهجينة والحصول على ملايين بل مليارات النسخ المطابقة للنسخة الأصلية، وهذه العملية تسمى بعملية نسخ أو عملية تكثير الـ «د. ن. أ» (DNA Cloning) المراد تحليله أو دراسته.

في عام ١٩٧٧ توصل العلماء Sanger وMaxam وGilbert إلى اختراع طريقة جديدة لقراءة الحروف الكيميائية التي يتألف منها الـ «د. ن. أ»، وتسمى هذه الطريقة (DNA Sequencing)، أو سلسلة الـ «د. ن. أ» (انظر التعريف). وباستخدام هذه التقانة أصبح ممكناً قراءة السلسلة الكيميائية التي تتركب منها المورثات المختلفة، وكانت أول المورثات التي تمت قراءة حروفها هي مورثة Beta- Glubin ومورثة Ovalbumin، وبهذا تمكن، ولأول مرة، البروفسور Pierre Chambon في جامعة لويس باستور في فرنسا من إعطاء صورة واضحة لتركيب المورثة، وأدخل مفهوم ما يسمى Intron (دخلون) و Exon (خرجون) (انظر التعاريف)، حيث أوضح بشكل مقبول كيفية انتقال المعلومات الوراثية من الـ «د. ن. أ» إلى البروتين (الصورة رقم).

وخلال الثمانينيات اكتشفت تقانة جديدة قادرة على تركيب أو نسخ المادة الوراثية بواسطة جهاز صغير، بعد تأمين المادة الأولية التي تتكون منها المادة الوراثية، وهكذا فإنه قد أصبح ممكناً وبشكل اصطناعي تركيب أي مورثة بهذه الطريقة، وكذلك في الحصول على ملايين النسخ لتيسير عملية دراستها بسهولة. لقد اكتشف هذه الطريقة الدكتور (موليس) Mullis في عام ١٩٨٥ وسميت Polymerase Chain Reaction واختصاراً PCR أو تفاعل البلمرة التسلسلي. وقد جرى استخدام هذه الطريقة بشكل واسع لنسخ الجينات التي توجد بنسخ محدودة (يوجد في كل خلية نسختان لكل جينة ماعدا الجينات الموجودة على الصبغي إكس فلها نسخة واحدة)، وبذلك استطاع العلماء تحليل ودراسة معظم الجينات. وفي هذه الفترة جرى عزل ودراسة عدد كبير من المورثات المسببة لأمراض الإنسان مثل مرض الحثل العضلي (ضمور العضلات) Duchenne Muscular Dystrophy والمورثة التي تسبب مرض تليف البنكرياس الحوصلي Cystic Fibrosis، وفي عام ١٩٩٣ أظهر الباحث Bert Vogelstein أن سرطان الأمعاء الغليظة ينتج من جراء طفرات خاصة تصيب بعض الأنزيمات (انظر تعريف الأنزيم) التي تكون مسؤولة عن إصلاح الأخطاء، أثناء عملية تضاعف الـ «د. ن. أ» خلال عملية الانقسام الخلوي، ونتيجة لوجود الخلل في

عمل هذه الأنزيمات فإن طفرات كثيرة ستصيب أكثر من مورثة التي يكون دورها الرئيسي في الخلية هو كبح عملية التسرطن، ولذلك فإن هذا النوع من المورثات يسمى Tumor Suppressor Genes أو المورثات المُبْطِلة للتسرطن، وهذه المورثات تحافظ على النظام الداخلي للخلية، وخاصة فيما يتعلق بعملية انقسام الخلية أو التكاثر الخلوي. وفي حالة السرطان فإن الأنزيمات أو البروتينات التي تقوم بهذا الدور والذي تتجلى بالسيطرة والتحكم المنظم للانقسام الخلوي تكون عاجزة عن القيام بوظائفها الطبيعية نتيجة لوجود طفرة وراثية في تركيبها الكيميائي.

إن الفهم الكامل لبنية بعض المورثات سمح بمعرفة الحقيقة العلمية المهمة التي تبين أن جميع الأسس الكيميائية التي تتكون منها أي مورثة يجري نسخها إلى جزيئة تسمى بالحمض النووي الريبي الرسول (م ر ن أ) وهذه العملية تسمى عملية انتساخ الـ «م ر ن أ» أو RNA Transcription، وفي البداية تكون هذه الجزيئة المستنسخة (م ر ن أ) مكملة ومطابقة لأسس الـ «د. ن. أ» الموجود في المورثة الأصلية سوى أنها تتألف من خيط مفرد Single Strand وليس مزدوجا كما هي الحال في «د. ن. أ» المورثة، وكذلك فإن العناصر الكيميائية التي تدخل في جزيئة الـ «م ر ن أ» تختلف عن تلك التي تشكل «د. ن. أ» المورثة. الحقيقة الأخرى هي أن جزيئة الـ «م ر ن أ» هذه سوف تحصل عليها تحويرات وتبديلات في البنية الكيميائية يجري فيها اختزال أو تشذيب Splicing حيث يُفقد حجم لا بأس به من الأسس التي يتكون منها الـ «م ر ن أ» والآلية التي تجري فيها عملية التشذيب هذه معقدة، وتشتمل على أكثر من مرحلة، ويتدخل فيها عدد كبير من الأنزيمات، وأي خطأ يحدث في أي مرحلة من هذه المراحل قد يؤدي إلى نتائج وخيمة، وقد يسبب الموت، كما هي الحال في معظم الأمراض الوراثية الخطيرة. هذه التحورات التي تقع على جزيئة «م ر ن أ» المستنسخة تسمى Posttranscriptional modifications، أو ما يسمى عملية النضج mRNA maturation. جزيئة الـ «م ر ن أ» الناضجة سوف تجري ترجمتها إلى بروتين خاص بالمورثة التي أعطت الـ «م ر ن أ» وعملية الترجمة هذه تسمى Translation، وهنا أيضا وخلال عملية الترجمة فإن أي غلط يحدث خلال عملية ترجمة الـ «م ر ن أ» إلى بروتين قد يؤدي أيضاً إلى الإصابة بمرض معين ربما يفضي إلى الموت، وفي الواقع إنه في بعض الأحيان يتم ذلك بمجرد وقوع غلط في حرف واحد من حروف الترجمة التي قد تصل إلى الآلاف لكل مورثة.



الشكل (٢): رسم تخطيطي لعملية التعبير الوراثي لمنطقة محددة من أحد الصبغيات

المورثات التي تكوّن الجينوم تختلف فيما بينها بأنواع الأسس (الأحرف) التي تدخل في بنيتها، ولذلك هناك مورثات طويلة وأخرى قصيرة، فالمورثة المسؤولة عن صنع «ر. ن. أ». الناقل لايزيد طولها على ١٠٠ أساس مزدوج (حرف)، أما طول المورثة المسؤولة عن صنع البروتين ديستروفين الذي يكون طافراً في مرض الحثل العضلي فهو ٢,٤ مليون حرف. والجدول التالي يوضح الفرق في بنية الجينات المختلفة، فهناك جينات صغيرة وأخرى كبيرة، وتختلف الجينات أيضا بطول المناطق المقروءة أو الإكسونات (المعبّر عنها) والمناطق الصامتة أو الإنترونات (غير ممثلة في البروتين المنتج).

اسم المورثة	طول المورثة (أساس مزدوج) أو (أ.م)	عدد الإكسونات	متوسط طول الإكسون (أ.م)	متوسط طول الإنترون (أ.م)
«ر. ن. أ» الناقل	١٠٠	٢	٥٠	٢٠
أنسولين	١٤٠٠	٣	١٥٥	٤٨٠
سيروم البومين	١٨٠٠٠	١١٨	٧٧	١٩٠
تليف البنكرياس الحوصلي	٢٥٠٠٠٠	٢٧	٢٢٧	٩١٠٠
ديستروفين	٢٤٠٠٠٠٠	٧٩	١٨٠	٣٠٠٠٠

المرحلة الرابعة ١٩٩٧ إلى الآن، وهي تسمى بعصر المورثات أو Human Genome Era (الحقبة الجينية): وأهم ما يميز هذه المرحلة هو الاكتشافات المتزايدة لعدد كبير من المورثات، خاصة تلك المسببة للأمراض الوراثية وهي التي فتحت الباب أمام معالجة هذه الأمراض بطرق حديثة تعتمد على فهم الآلية التي تعمل بها المورثات، وهذا قد فتح الباب على مصراعيه لفرع جديد في العلوم الطبية بدأ يشق طريقه بين فروع الطب الأخرى، وهو ما يسمى الآن بطب المورثات Gene Medicine وقد بدأت هذه المرحلة باستنساخ النعجة «دوللي» في عام ١٩٩٦ من قبل الباحث (إيان ويلموت)

Ian Wilmut (المرجع رقم ١) وفي عـام ١٩٩٩ أعلن البـاحث Thomson تمكنه من الحصول على ما يسمى خلايا البداءة الأصل أو الخلايا الجذعية أو خلايا المنشأ Human Embryonic Stem Cells (المرجع رقم ٢) وما لهذه الخلايا من أهمية في قدرتها على إعطاء جميع النسج والأعضاء التي يتشكل منها الجسم البشري.

أما التطور الآخر الذي تحقق في هذه الفترة فهو الإنجاز المذهل الذي أُعلِن في السادس والعشرين من شهر يونيو ٢٠٠٠، والذي تضمن اكتشاف الخريطة الوراثية للإنسان، وقد أُعلِن هذا الاكتشاف خلال حفل رسمي تحت رعاية الرئيس الأمريكي كلينتون ورئيس وزراء بريطانيا طوني بلير بالإضافة إلى مجموعة من الباحثين الذين أسهموا في هذا الإنجاز الرائع. وفي الرابع عشر من أبريل ٢٠٠٣ أُعلِن الانتهاء الكلي من قراءة الجينوم البشري، وقد بدأت التوجهات لدراسة المورثات التي لها علاقة بالأمراض، ويبدو أن داء السكري سيكون له النصيب الأكبر، ويعكف العلماء الآن على دراسة المورثات الموجودة على الصبغي رقم ٢٠ والتي يشتبه في أن يكون لها دور فعال في تطور بعض أنواع داء السكري (خاصة النوع الثاني) الذي يصيب عددا كبيرا من البشر فهو يصيب شخصا واحدا من بين ٢٠ شخصا فوق سن الخامسة والأربعين.

لمحة تاريخية عن تطور مشروع حل الشفرة الوراثية للإنسان وبعض الكائنات الأخرى:

في مطلع الثمانينيات من القرن السابق برزت فكرة مؤداها أنه إذا تحقق نوع من التعاون العالمي على مستوى الدول لمحاولة قراءة الجينوم فإن ذلك سيسرع من حل الشفرة الوراثية للجينوم بأكملها، وفي وقت مناسب قدر حينها بخمسة وعشرين عاماً، ومن الدول التي وافقت على الانضمام إلى المشروع أمريكا، إنجلترا، فرنسا، الصين، اليابان، كندا، ألمانيا، سويسرا، السويد، هولندا، استراليا، إيطاليا، الدنمارك ،البرازيل، المكسيك وإسرائيل. وكان الهدف المحدد من المشروع هو تحديد مواقع الجينات على الكروموسومات وفك الشفرة الخاصة بكل جينة بالوقت نفسه هدف المشروع إلى استخدام تقنيات مماثلة لفك الشفرة الوراثية

لعدد كبير من الجراثيم التي تصيب الإنسان والحيوان والنبات، بالإضافة إلى فك الشفرة الخاصة ببعض الحيوانات كالفأر وذبابة الفواكه وغيرها من الكائنات الحية الأخرى. ومن أهم التطبيقات التي كان يؤمل تحقيقها عن طريق معرفة الشفرة الوراثية، فهم ومعرفة أسباب الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان ومحاولة علاجها، وذلك من خلال إصلاح الخلل الوراثي في أحرف الشفرة الجينية. ويعتقد العلماء أن معرفة التركيب الوراثي لكل إنسان سيساعد على معرفة جاهزيته للإصابة ببعض الأمراض المعروفة كضغط الدم والنوبات القلبية وداء السكري والسرطانات وغيرها من الأمراض، ومن أهم أهداف مشروع الجينوم العمل على إنتاج مواد بيولوجية طبيعية بما فيها الهرمونات بوساطة الهندسة الوراثية بما فيها هندسة أكبر عدد من الأنسجة البشرية لتستخدم كقطع غيار في جسم الإنسان.

لقد اتسم الربع الأخير من القرن العشرين بتوضيح المعالم الأساسية للجينوم لعدد كبير من الكائنات الحية فقد تم تحديد الشفرة الوراثية في ٥٩٩ فيروسا وفي ٢٠٥ بلاسميدات (انظر التعريف) وفي ١٨٥ كائنا عضويا صغيرا وفي ٣١ جرثومة وفي سبعة أنواع من حقيقيات النوى المسماة Archaea، (انظر التعريف) في نوع واحد من الفطور وفي نوعين من الحيوانات (الفأر وذبابة الفاكهة) وفي نوع واحد من النباتات (نبات الخردل الضار) Mustard weed، ولا يزال العمل جاريا من أجل حل الشفرة الوراثية لكائنات أخرى وقد يكون قسم منها أنجز فعلاً مع صدور هذا الكتاب.

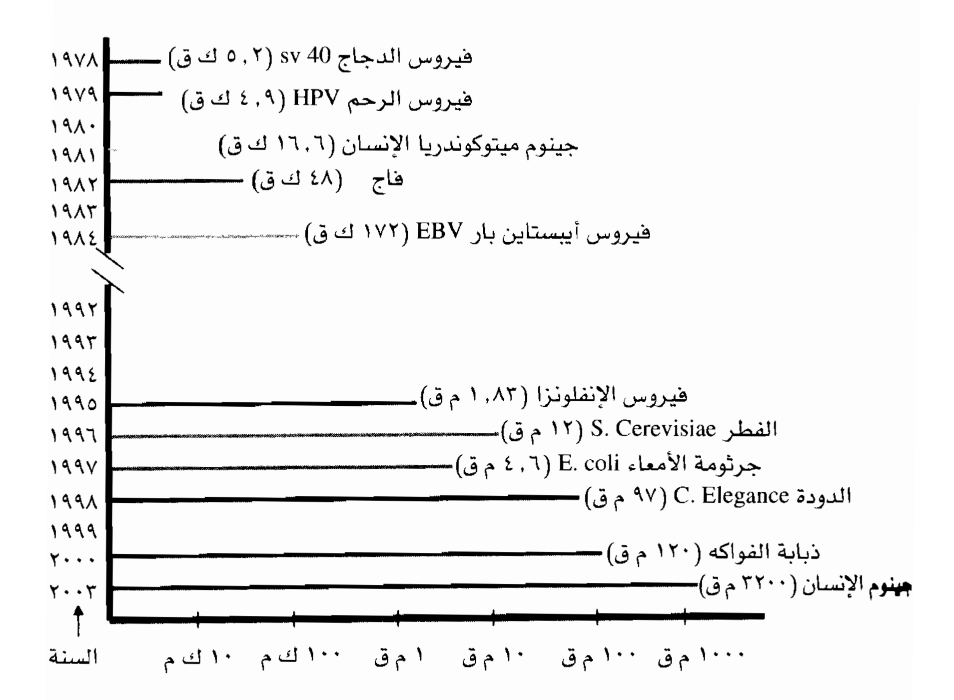
وفي نهاية القرن العشرين، وللمرة الأولى في تاريخ البحث العلمي فقد اجتمع مايقارب ٢٠ مجموعة بحث علمي من ست دول في العالم (أمريكا، إنجلترا، فرنسا، اليابان، الصين وألمانيا) للعمل على إنهاء قراءة الشفرة الوراثية للجنس البشري، وجرى تشكيل ما يسمى بمشروع الجينوم البشري (انظر التعريف). وهو مشروع دولي بدئ فيه عام ١٩٨٧ تحت إشراف وزارة الطاقة الأمريكية بالتعاون مع المعهد القومي للصحة (NIH) وبعد ذلك توسع ليضم ست دول. والهدف الرئيسي لمشروع الجينوم البشري هو حل وقراءة الشفرة الوراثية للجينوم البشري التي ستقود إلى التحديد

الدقيق للمورثات الموجودة في الجينوم بما في ذلك فهم آلية عملها على المستوى الجزيئي التي ستسمح في المستقبل القريب بتطوير الطرق المستخدمة في معالجة الأمراض المستعصية.

الحروب الناجحة والحروب الخاسرة

في عام ١٩٧١، وفي إحدى غرف البيت الأبيض في واشنطن تحدث الرئيس الأمريكي ريتشارد نيكسون أمام مائة ضيف كانت قد تمت دعوتهم لتناول طعام العشاء على مائدة الرئيس، وقد تم انتقاء المدعوين ـ كالعادة ـ بشكل دقيق ليشملوا شرائح المجتمع كافة، وخلال افتتاح المائدة توجه الرئيس ـ كالعادة ـ بكلمة قصيرة أعلن فيها أن أمريكا ستقود حربا ضد مرض السرطان، ولم يحدد حينها فيما إذا كانت أمريكا ستقود تحالفاً دولياً ـ كالعادة ـ في حربها ضد السرطان، أم أنها ستمضي لتقود الحرب ضد مرض السرطان وحدها ـ حيث تفضل أمريكا أن تخوض بعض حروبها منفردة ـ وقد حفزت أمريكا، كالعادة، وسائل الإعلام لتتحدث عن الحرب ضد السرطان ليل نهار، وقام الجمهور المتحمس بكتابة الرسائل إلى ممثليه في الكونجرس، طالبين دعمه للرئيس نيكسون في الحرب المعلنة على مرض السرطان. وفي عام ١٩٧٢ وخلال الانتخابات الرئاسية الأمريكية شكل موضوع الحرب ضد السرطان أحد الشعارات الانتخابية المهمة، ونتيجة لهذا فقد أقر الكونغرس ميزانية ضخمة ليتم صرفها على مدى خمسة عشر عاما على أن ينتهي المشروع في عام ١٩٧٦ على القضاء التام على مرض السرطان على أن يصادف ذلك والذكرى المئوية الثانية لولادة أمريكا. ويجب القول إن تاريخ أمريكا الحديث مفعم بالأمثلة على المشاريع الاستراتيجية الكبرى الناجحة، فكان هناك مشروع الحصول على القنبلة النووية في عام ١٩٤٠ وقد تم. وكان هناك مشروع غزو الفضاء في عام ١٩٦٠ وقد تم. وكان هناك مشروع قراءة الجينوم البشري في عام ١٩٨٦ وقد تم. إلا أن مشروع الحرب على السرطان لم ينجح، ويبدو أن أمريكا قد خسرت الحرب على الرغم من تحقيقها لبعض الأهداف. والذي يطلع على الخطة الزمنية وعلى

أهداف الحرب المعلنة سيستنتج أن السرطان كان هو الأقوى، والدليل على ذلك أنه مستمر إلى يومنا هذا في قتل الملايين من الناس كل عام. وفي نهاية الحرب قيّم جنرالات أمريكا النتيجة، واعترفوا بأنهم قد أخطأوا في خطتهم الحربية التي استخدموها لمقارعة العدو، حيث إنهم قد قرروا الذهاب للحرب ضد هذا العدو من دون أن يدرسوه، فهم لم يفهموا الآلية الدقيقة التي تتحول فيها الخلية السليمة إلى خلية مريضة، لم يفهموا كل التغيرات الجزيئية التي تطرأ على الخلية السليمة لتتحول إلى خلية سرطانية، لم يتعرفوا على الومضة الأولى التي تؤدي بالخلية السليمة إلى الخروج عن طورها، وبلغتنا العلمية يمكن أن نقول إن العلماء لم يدرسوا كثيرا الجوانب الطبية الأساسية Basic Medical Sciences لمرض السرطان، لكنهم وجهوا حربهم ضد الخلية المتسرطنة، أي ضد نتيجة المرض وليس ضد سببه الذي أدى إلى وجوده. وقد أيقن العلماء في عشية انتهاء الحرب الخاسرة أن نتيجة الحرب على السرطان لم تكن مشجعة لأنهم أهملوا جانبا لا يستهان به ألا وهو أهمية البحوث العلمية النظرية (أي غير التطبيقية)، ولهذا وفي صبيحة اليوم التالي للحرب تنادى العلماء إلى البيت الأبيض مرة أخرى ليُعلن عن مشروع استراتيجي آخر، مشروع هاجمه بعضهم ونعتوه بأنه بحث علمي نظري وأنه لن يساعد كثيرا على الخوض في أي معركة ضد أي مرض، ولكن وعلى الرغم من المعارضة فقد تم الإعلان عن البدء بمشروع استراتيجي لقراءة الجينوم البشري، وكان ذلك في بداية الثمانينيات، وفي هذه المرة فقد دعت أمريكا لتشكيل ما يسمى التحالف الدولي، ويبدو أن أمريكا قد أدركت تماماً أنها ستكون دائماً الأقوى، إذا قادت تحالفاً دولياً لتحقيق أهدافها الاستراتيجية، وقد انضم إلى تحالفها هذا أكثر من ١٨ دولة، وفي عام ٢٠٠٣ نجحت أمريكا في إتمام أفضل مشروع إنساني تبنته منذ إنشائها، ألا وهو مشروع الجينوم البشري، و(الشكل رقم ٣) يمثل مقارنة لطول الجينوم لدى بعض الكائنات الحية مع السنة التي تم فيها الانتهاء من قراءة شفرتها الوراثية.



الشكل (٣): يمثل طول الجينوم وسنة الانتهاء من قراءتها لدى عدد من الكائنات

التمكن من قراءة الجينوم لعدد كبير من الجراثيم المستخدمة في الأسلحة الجرثومية

تهتم حكومات العالم المتقدم (خاصة أمريكا) بدراسة الجراثيم والكائنات الحية الأخرى التي يمكن استخدامها في صناعة الأسلحة البيولوجية التي يمكن أن تكون أكثر قوة من الأسلحة النووية، لذلك فإن جيوش تلك البلدان تصرف أموالا كثيرة على هذا النوع من الأبحاث العلمية وبشكل سري. والهدف من هذه الأبحاث هو من أجل فهم الآلية التي تعمل بها المورثات الضارة الموجودة في جينوم تلك الحيوانات الدقيقة، وحين يفهم العلماء الآلية والكيفية التي تؤثر بها تلك المورثات في صحة الإنسان، أو الحيوان، أو النبات المراد مهاجمته فإنه يؤمل أن يطور العلماء من تلك السلالات الجرثومية أنواعاً جرثومية معدلة وراثياً لكي تستطيع

أن تهاجم جنسا بشريا معينا أو نباتا يعيش في مناطق محددة أو حيوانات آخرى تتميز بجينوم مختلف عن باقي الحيوانات أو من أجل التأثير على بعض المحاصيل الزراعية يتجلى بالقضاء على سلالات زراعية عريقة مثل القطن المصري طويل التيلة. وهكذا فإن هذا المجال من الأبحاث له بعد استراتيجي واقتصادي مهم ويجب على الحكومات العربية أن ترصد هذا النوع من الأبحاث خاصة فيما يتعلق بتطوير إسرائيل لهذا النوع من الأسلحة التي قد يمكن توجيهها لتقتل فئة معينة من الناس بناء على تكوينهم الوراثي. وفي بيان صادر عن المنظمة الإسلامية الطبية (ومركزها دولة الكويت) في صحيفة الوطن الكويتية الصادرة يوم ١٤ فبراير ٢٠٠١ للترحيب بالخريطة الجينومية، حذرت المنظمة من إساءة استخدامها، منبهة إلى أن إسرائيل لن تتهاون إن استطاعت العبث بالهندسة الوراثية للقضاء على الجنس العربي.

والهدف الآخر الذي يمكن تحقيقه من وراء تحديد الخريطة الجينومية لهذه الجراثيم الضارة هو محاولة إيجاد اللقاحات الفعالة للحماية من الأمراض التي تسببها تلك الجراثيم، وهكذا فإن الجيوش التي تحارب ستكون محمية باللقاحات الضرورية (كما رأينا في الحرب الأمريكية على العراق في عام ٢٠٠٣). وفي الجدول التالي نوضح أسماء الجراثيم التي بدئ بدراسة خريطتها الجينومية مع نوع المرض الذي تسببه للإنسان. ولمتابعة آخر تطورات البحوث المتعلقة بحل الشفرة الوراثية لبعض هذه الكائنات الدقيقة يمكن زيارة الموقع التالي على شبكة الإنترنت العالمية:

www.beowulf.org.uk

اسم الجرثومة	المرض الذي تسببه	حجم الجينوم (م ق)
Bordetella pertussis	السعال الديكي	٣,٨٨
Borrelia burgdorferi	Lime disease	٠,٩٥
Chlamydia pneumoniae	التهاب القلب والرئة	١,٠٠
Chlamydia trachmatis	تراخوما العمى	١,٧٠
Clostridium difficile	التهاب القولون وإسهال	٤,٤٠
Helicobacter pylori	قرحة هضمية	١,٦٧
Leishmania major	داء الليشمانيات الجلدي	٣٤,٠٠
Mycobacterium leprae	الجذام أو البرص	٢,٨٠
Mycobacterium tuber.	السل الرئوي	٤,٤٠
Plasmodium falciparum	مرض الملاريا	٣٠,٠٠
Rickettsia prowazekii	حمى التيفوس	١,١٠
Salmonella typhi	حمى التيفوئيد	٤,٥٠
Tryponema pallidum	مرض السفلس	١,١٠
Trypanosoma brucei	مرض النوم الأفريقي	٣٠,٠٠
Trypanosoma cruzi	مرض النوم الأمريكي	٣٠,٠٠
Vibrio cholera	داء الكوليرا	٢,٥٠
Yersinia pestis	وباء الطاعون	٤,٣٨



2

الملامح العامة لأبجدية اللغة الجينومية

الجينوم: هو مجموع المادة الوراثية التي تحتويها الخلية والتي يوجد معظمها في نواة الخلية وتسمى الجينوم النووية (Nuclear Genome) وهي تتضمن كل المورثات (Genes) بما فيها المادة الوراثية المحيطة بمنطقة المورثات. وهناك جزء قليل من المادة الوراثية التي توجد في داخل الميتوكوندريا (المتقدرة)، ويحتوي الجينوم البشري على ما يقارب ٣٠ إلى ٤٠ ألف مورثة، وهي تعادل ١ ٪ من مجموع المادة الوراثية المتمثلة بالجينوم والتي تساوي ٣,٢ بليون زوج أو أساس قاعدي (Base Pair) (انظر التعريف).

جينوم الميتوكوندريا (المتقدرات) (Mitochondrial Genome): وهو عبارة عن جزيء «د. ن. أ» واحد موجود داخل الميتوكوندريا، ويتألف من ١٦٦٠٠ ج ق، ويتألف من ٣٧ مورثة تتوزع كالتالي (مورثتان مسؤولتان عن تشكيل ما يسمى الحمض النووي الريبي الريبوزومي rRNA، ٢٢ مورثة مسؤولة عن إنتاج

«لقد تبين أن المورثة المسؤولة عن نمو ذيل الفأر يوجد منها نسخة في جينوم الإنسان لكنها صامتة، ولو تكلمت في مرحلة من مراحل التطور الجيني لأصبح للإنسان ذيل كالفأر».

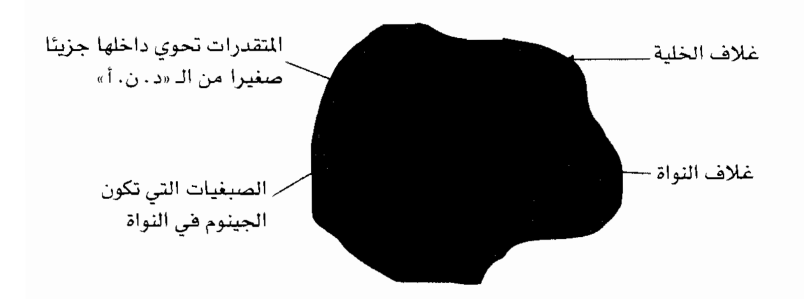
المؤلف

الحمض النووي الريبي الناقل tRNA، ١٣ مورثة عن إنتاج البروتينات المسؤولة عن توليد الطاقة في الخلية). وقد تم حل وقراءة هذه الجينوم في عام ١٩٨١ (المرجع ٣).

جينوم النواة (Nuclear Genome): وهي تمثل جميع جزيئات الـ «د. ن. أ» الموجودة في داخل نواة الخلية سيشار إليها، في هذا الكتاب، بالجينوم البشري.

يتألف الجينوم البشري من ٢٤ صبغيا (٢٢ صبغيا جسميا Autosome وصبغيين جنسيين (Sex Chromosomes) هما (X , Y)) ويكون طول هذه الصبغيات مجتمعة حوالي ٣,٢ بليون نوتيدة مترتبة بانتظام ودقة متناهية (انظر الشكل ٤). وطريقة تحديد الموقع الصحيح لكل نوتيدة ضمن الجينوم يشابه الطريقة التي يتم فيها تحديد الموقع المحدد لأي منزل موجود على وجه الكرة الأرضية. ولذلك فإذا أردنا أن يعرف الجميع موقع كلية الطب في جامعة الكويت، يجب أن نوضح في المخطط موقع الكويت على سطح الكرة الأرضية، وبعد ذلك يجب بيان موقع الكلية بوقوعها في منطقة الجابرية وبعد ذلك تبيان رقم القطعة ثم الشارع ورقم البناء في الشارع، وبهذا يستطيع الزائر لكلية الطب أن يتصور موقعها ويستطيع الوصول إليها بدقة وسهولة. ولتسهيل الأمر أكثر من ذلك فإن الشكل التالي يوضح مقارنة بسيطة لطوبوغرافيا الأرض مقارنة بخريطة الجينوم:

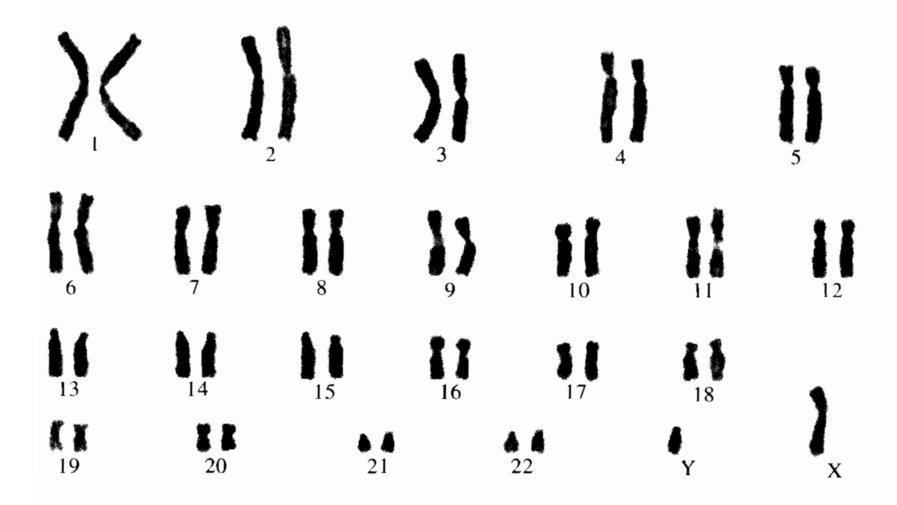
العالم	=	الجينوم	٣٢٠٠ م ق
القارات	=	الصبغيات	٥٩ ـ ٢٦٣ م ق
الأقطار والبلدان	=	YACs/PACs	١٠٠ ـ ٢٠٠ ك ق
المحافظات	=	Cosmids	٢٠ ـ٥٠ ك ق
البلدات	=	M13 Subclone	حوالى ٧ ك ق
شوارع وبيوت	=	تسلسل نوتيدات	١نوتيدة



الشكل (٤): تتواجد المادة الوراثية في الخلية الإنسانية في منطقتي النواة وداخل المتقدرات

والجدول التالي يمثل عدد الحروف (النوتيدات) التي تدخل في تركيب الأربعة والعشرين صبغيا التي تكون الجينوم البشري، وعدد الأسس التي تمت قراءتها من كل صبغي، ويشير أيضا إلى العدد التقريبي للمورثات المحمولة على كل صبغي على حدة. والملاحظ أنه لا تزال هناك حروف غير معروفة، وهي تعود إلى مناطق لم يستطع العلماء قراءتها، وذلك لعدم قدرتهم على الحصول عليها بالشكل الذي يمكنهم من قراءة تتابعاتها، ويعتقد العلماء أنها مناطق غير نشطة ويتمركز معظمها في مركز الصبغي (سنترومير) أ و على نهايته الطرفية (تيلوميرات). جرى الحصول على هذه الأرقام من الموقع الخاص لمشروع الجينوم البشري على الإنترنت بتاريخ ٢١ أبريل ٢٠٠٣، حيث إن عدد الجينات المحدد على كل صبغي هو عرضة للتغير معتبرين أن كل يوم يمر وهناك من يكتشف جينة جديدة لتوضع على الموقع.

وأهم ما يميز الصبغيات هو إمكان تقسيمها إلى قسمين: صبغيات جسمية (صبغي رقم ١ إلى صبغي رقم ٢٢) والصبغيات الجنسية (الصبغي الذكري Y والصبغي الأنثوي X) وحسب الحجم فإنه من الممكن أن يتم تقسيم الصبغيات إلى خمس مجموعات (انظر الشكل ٥):



الشكل (٥): النمط النواتي (كاريوتايب) لخلايا ذكر الإنسان يوضح العدد الصبغي (٤٦) كما يبدو تحت عدسة المجهر بعد تكبيره ٤٠٠٠ مرة.

المجموعة ١ أو A: وهي تضم الصبغيات رقم ١، ٢، ٣ تتميز بأنها أكثر الصبغيات طولاً، والملاحظ أن الجزء المركزي (Centromer) يتوضع في منتصف الصبغي.

المجموعة ٢ أو B: وهي تضم الصبغيات ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢، ويمكن إضافة الصبغي الجنسي الأنثوي إكس. وصبغيات هذه المجموعة هي أصغر حجماً من صبغيات المجموعة السابقة والجزء المركزي فيها يقع في الطرف العلوي والمسمى بالذراع القصيرة (من الفرنسية Petit أو p) أما الجزء الآخر فيسمى بالذراع الطويلة للصبغي ويرمز له بالحرف q.

المجموعة ٣ أو C: وهي تضم الصبغيات ١٣، ١٤، ١٥ ويلاحظ أن هذه الصبغيات الثلاثة كأنها لا تحتوي على ذراع صغيرة، حيث يكون الجزء المركزي فيها واقعاً بالقرب من نهاية الصبغي.

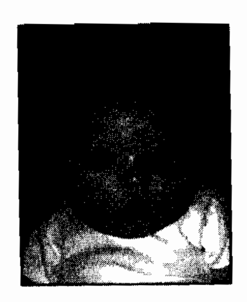
المجموعة ٤ أو D: وتضم الصبغيات رقم ١٦، ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠ والجزء المركزي يقع في منتصف الصبغي.

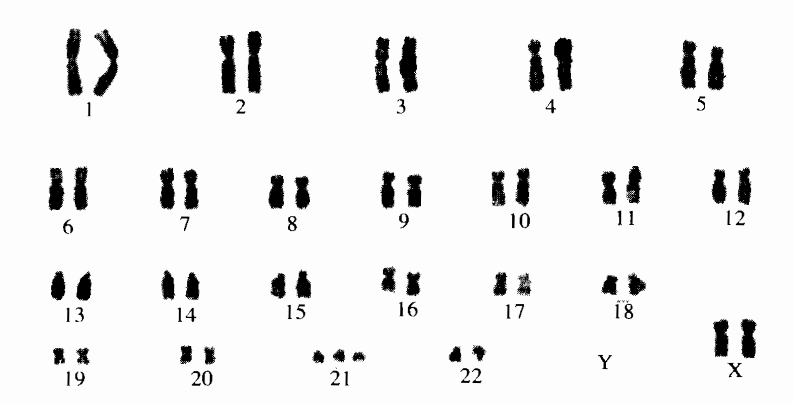
المجموعة ٥ أو E: وتضم أكثر الصبغيات قصراً (٢١ و٢٢) بالإضافة إلى الصبغي Y.

الطرق العلمية المستخدمة في توضيح شكل وطبيعة الجينوم البشري

طريقة الوراثيات الخلوية (Cytogenetics): وتستخدم هذه الطريقة لإظهار الصبغيات الموجودة في داخل نواة الخلية. وتستخدم عادة كمية قليلة من الدم (٢ ـ ٤ ملليلتر) لزراعتها في عمليات التشخيص المخبري. ويتم زرع الدم لبضعة أيام في وسط مغذٍ وغني بالهرمونات المساعدة على نمو الخلايا البيض، وفي اليوم الثالث تضاف مادة كيميائية لإيقاف نمو الخلايا في مرحلة معينة من الدارة الخلوية حيث يمكن رؤيتها، وبعد ذلك يتم عزل كريات الدم البيضاء بوساطة التثفيل، وبها تُستبعد الخلايا الحمراء (التي لا تحتوي على مادة وراثية)، وتُثبت الخلايا البيضاء بإضافة الكحول، وتُبسط على سطح شريحة زجاجية وتلون بوساطة ملون «جمسا» لتسهل رؤيتها تحت عدسة المجهر. وبهذه الطريقة يمكن رؤية أي تبدل أو تحوّر في بنية الصبغيات، كما يمكن معرفة العدد الصبغي أو ما يسمى النمط النواتي (Karyotype)، وبهذا نستطيع أن نشخص عدداً كبيراً من الأمراض الوراثية، وكمثال على ذلك مرض المنغولية أو متلازمة داون (Down's syndrome) الذي يسبب التخلف العقلي وبعض التغيرات في نمو وتطور الإنسان المصاب. وعلى المستوى الوراثي الجزيئي فإن الشخص المصاب بهذا المرض يحوي في كل خلية من خلايا جسمه صبغيا إضافيا، ولذلك يسمى أحياناً بثلاثي الصبغي (Trisomy). والصبغي الزائد هو الصبغي رقم ٢١. وهكذا فإن كل خلية من خلايا الجسم السليم تحتوي على ٤٦ صبغيا (٢٣ جرى توارثها من الأب و ٢٣ جرى الحصول عليها من الأم). أما في حالة الشخص المصاب بمتلازمة داون فهو يحتوي في كل خلية من خلاياه على ٤٧ صبغياً (٢٣ يتوارثها من أحد الأبوين و ٢٤ صبغياً من الأب الآخر)، وقد أظهرت الاكتشافات الحديثة أن الصبغي ٢١ الزائد يأتي عادة من الأم، خاصة إذا حدث حملها بالجنين بعد سن الأربعين من حياتها. وهكذا نفهم أن بويضة الأم التي استخدمت في اللقاح حوت ٢٤ صبغياً عوضاً عن ٢٣، والصبغي الزائد هو الصبغي رقم ٢١. ويمكن كتابة النمط النواتي للمريض على الشكل التالي: 47, XX+21 إن كان المريض أنثى أو 47, XY+21 إذا كان المريض ذكراً. وفي حالة الشخص السليم فإن النمط النواتي سيكون في حالة الذكر 46, XY وسيكون 46, XX في خلايا الأنثى. وفي الشكل (٦)

نشاهد النمط الشكلي والنمط الوراثي لطفل مصاب بمرض المنغولي. وهذه الطريقة تسمح بتشخيص عدد كبير من الأمراض الوراثية وهي تستخدم، أحيانا، في وقت مبكر من الحمل على الخلايا الجنينية، خاصة حين يُتوقع إمكان حدوثها، ومثال على ذلك عندما يتجاوز عمر المرأة الحامل الأربعين عاما. وفي الجدول التالي نورد أمثلة عن بعض الأمراض الناتجة عن خلل في العدد الصبغي، والتي يمكن تشخيصها خلال مراحل متقدمة من الحمل (الأسبوع الثامن)، وكما يبدو أن منها ما يوجد بنسب مرتفعة بين الولادات، ومنها الآخر يتكرر بشكل فريد.





الشكل (٦): في الأعلى صورة طفل مصاب بمتلازمة داون (منغولي)، وفي الأسفل شكل يمثل النمط الوراثي وفيه يبدو ثلاث نسخ من الصبغي رقم ٢١.

العيب الوراثي	مدى الانتشار	أعراض المرض	اسم المرض
وجود ٣ صبغيات رقم ٢١ بدلا من ٢	١/٨٠٠	تخلف عقلي ويصيب كلا الجنسين	متلازمة داون
وجود ٢ صبغي واي بدلا من ١	١/١٠٠٠	عقم لدى الذكور	كلاينفلتر
وجود ٣ صبغيات رقم ١٨ ـ بدلا من ٢	١/٨٥٠٠	تشوهات خلقية تؤدي إلى الموت في الأيام الأولى من العمر	متلازمة ادوارد
وجود ٣ صبغيات رقم ١٣ بدلا من ٢	١/١٧٠٠٠	تشوهات خلقية تؤدي إلى موت الجنين	متلازمة باتو
وجود صبغي إكس واحد بدلا من اثنين	١/٢٥٠٠	عقم وقصر القامة لدى الإناث	متلازمة تورنر

خلال السنوات الأخيرة تبيّن أن بعض أنواع السرطان يمكن أيضا كشفها باستخدام طريقة الوراثيات الخلوية، فقد تبين أن هذه الأنواع من السرطان تكون نتيجة لتغير يصيب بنية الصبغيات، حيث تحدث عمليات عبور وتلاق بين الصبغيات المختلفة. عملية عبور جزء واحد من صبغي معين (وأحيانا أكثر من جزء واحد) لكي يلتحم مع صبغي آخر، وعملية تغيير المكان هذه تسمى عملية الانتقال أو العبور الصبغي (Translocation)، وهي تتردد بشكل كبير في حالات سرطان الدم أو اللوكيميا.

ونتيجة لعملية الانتقال فإنه سيحصل تغيير في النمط النواتي، وكذلك في التركيب الدقيق لجينوم الشخص المصاب وذلك نتيجة لاختلاف في تسلسل النوتيدات في بعض المناطق المهمة من الجينوم التي تتمثل بالطفرات الوراثية لبعض المورثات.

وفي السنوات الأخيرة، حصل تطور واسع في نوعية الطرق المعتمدة لدراسة وتوضيح الجينوم والتي تعتمد على تلوين جزيئات المادة الوراثية في الخلية، حيث نستطيع أن نرى أي خلل في الجينوم مهما كان صغيراً، وفي الشكل (٧) استخدمنا طريقة التأشيب الوراثي لإظهار حالة خاصة من الخلل عند شخص في الأربعين من عمره بعد إصابته بأحد أنواع سرطانات الدم. وفي هذه الحالة يتم عبور مورثة من الصبغي رقم ٩ لتستقر في الصبغي ٢٢، وفي الوقت نفسه تهاجر قطعة من الصبغي

رقم ٢٢، لتلتحم على نهاية الذراع الطويلة للصبغي رقم ٩. ويخلق تحويل المورثات لمواقعها الطبيعية على الصبغيات ترتيباً جديداً لتتابع الأحرف الوراثية، مما يؤدي إلى تشكيل نوعية جديدة من البروتينات التي لم تعهدها الخلية و تقود إلى الفوضى داخل الخلية والتي تنتهي بأن عملية نمو الخلية ستستمر من دون توقف، مما يؤدي إلى السرطان. لقد استخدمنا في هذه الطريقة ثلاث ملونات مختلفة لتلوين الجينوم حيث إن اللون الأزرق (DAPI) يلون جميع الصبغيات، أما اللون الأخضر فهو يلون مورثة واحدة موجودة على الذراع الطويلة للصبغي رقم ٩ (ABL)، واللون الأحمر يلون المورثة (BCR) التي توجد على الصبغي الصغير رقم ٢٢. وعند هذا المريض نجد اللونين الأخضر والأحمر قد اندمجا على أحد الصبغيين رقم ٢٢ ليشكل ما يسمى الصبغي «فيلادلفيا»، نسبة إلى مدينة فيلادلفيا الأمريكية التي اكتشفت فيها أول حالة من هذا العبور الصبغي في المصابين بمرض سرطان الدم، ويبدو الصبغي الآخر رقم ٢٢ بحالته الطبيعية لوجود اللون الأحمر فقط.



الشكل (٧): يمثل تلوين اصطفائي لجينات محددة موجودة على الصبغي رقم ٩، وعلى الصبغي رقم ٢٢ في خلية تم الحصول عليها من شخص مصاب بسرطان الدم. وكما هو واضح فإنه توجد نسختان من كل مورثة (مورثة واحدة ورثت من الأم موجودة على الصبغي الأمومي والثانية ورثت من الأب وهي توجد على الصبغي الأبوي).



هل من أسرار جديدة للغز الحياة؟

قبل أن يشن جيشٌ عسكريٌّ الحرب على مدينة لغزوها والسيطرة عليها بشكل كامل، فإن أول ما يفكر به الجنرالات هو الحصول على خارطة واضحة لتلك المدينة، وفي حال عدم توافر هذه الخارطة، فسيقومون برسمها مستعينين بالطرائق المتوافرة كافة من صور للأقمار الصناعية أو المعلومات الاستخبارية التي يحصلون عليها من جواسيسهم. ويصح الشيء نفسه بالنسبة إلى الجينوم البشري، فللسيطرة عليها قرر جنرالات العلم والسياسة، في أواخر القرن العشرين أن يتم رسم خارطة واضحة للجينوم البشري، وبمعنى آخر قراءة أحرفها وبالفعل فقد رسمت الخارطة بشكل كامل، وبهذا تدخلُ الإنسانية عصراً جديداً من عصور العلم الذي سيحمل ـ من دون شك ـ بذور التغيير التي ستؤثر في المستقبل البشري، وهذا ما سنراه في السنين القليلة القادمة.

والسؤال الذي يطرح نفسه: لماذا تأخرت الإنسانية كل هذه الفترة الطويلة من تاريخها لتكتشف المادة الوراثية واللغة التي كتبت بها؟ لماذا لم يكتشف آباؤنا وأجدادنا الـ «د. ن. أ» أو الـ «ر. ن. أ» منذ زمن طويل، على الرغم من أن معظم الأبحاث العلمية تؤكد أن هاتين المادتين قد وجدتا على الأرض منذ مليارات السنين؟ فلماذا هذا التأخير الطويل؟ ولماذا الانتظار كل هذه الفترة الطويلة إلى أن يأتي الشاب طالب الدكتوراه (جيمس واتسون) الذي غادر بلاده أمريكا من أجل الدراسة؟ وكان يومئذ في العشرين من عمره واختار أن يدرس الدكتوراه في جامعة كامبردج بالقرب من لندن، بعد أن حصل على منحة دراسية من منظمة شبه أهلية تهتم بمساعدة الأطفال المعوقين، والتقى هناك السيد «فرانسيس كريك» الذي يكبر «واتسون» باثنتي عشرة سنة، ولما يحصل وقتذاك على شهادة الدكتوراه، وهو فيزيائي وليس بيولوجياً، وهكذا تعاونت الفيزياء والبيولوجيا لتقدم للإنسانية في الخامس والعشرين من نيسان أبريل من عام ١٩٥٣ أعظم اكتشاف في التاريخ الإنساني ألا وهو اكتشاف تركيب مادة الـ «د. ن. أ»، وقد قدمت مجلة الطبيعة Nature في صباح ذلك اليوم لقرائها المقالة الشهيرة (المرجع ٤) التي شغلت الصفحة الأولى وربع الصفحة الثانية وتضمنت رسما تخطيطيا واحدا وستة مراجع اعتمد عليها «واتسون» و «كريك» في دراستهما، وكالعادة قُدِّم

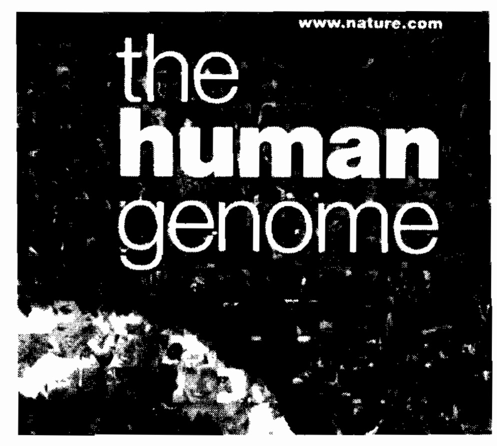
الشكر للذين أسهموا من بعيد أو قريب في العمل، وقد تبين لي أن عدد كلمات المقالة هو ١٠٣٧ كلمة فقط، ويمكن للقراء الحصول على النسخة الأصلية للمقالة التي وضعتها مجلة الطبيعة على العنوان التالي: www.nature.com/genomics/human/watson-crick ويقال إن الذي ساعد «واتسون» على كتابة الورقة هو أخته التي كانت تدرس الأدب الإنجليزي في الجامعة نفسها، وهكذا فإنه بتاريخ الثاني من أبريل، يوم أُرسلت المقالة للنشر لم يكن كلاهما قد حصل على شهادة الدكتوراه، وقد كانا محظوظين لأن المقالة لم تتأخر لدى إدارة النشر في مجلة «الطبيعة»، سوى ما يقارب ثلاثة أسابيع. وقد قال «واتسون» لأستاذه المشرف على شهادة الدكتوراه البروفسور Salvador Luria الحائز على جائزة نوبل لعام ١٩٦٩: «لقد اكتشفنا سر الحياة».

وأخيرا أصبح الحلم حقيقة

في الخامس عشر من شهر فبراير من عام ٢٠٠١ نشرت مجلة الطبيعة (Nature) الشهيرة (المرجع ٥) عددا خاصا جرى توزيعه بالمجان على كل من أرسل إليهم بعنوانه بعد أن أعلنت إدارة المجلة ذلك عبر عنوانها على شبكة المعلومات العالمية (إنترنت). وكنت قد تسلمت رسالة في البريد الإلكتروني من محرر قسم البيولوجيا في المجلة السيد Richard Gallaghar للتأكيد على أن المجلة ستوزع نسخاً من العدد الذهبي مجانا بمناسبة نشر أكثر من ٩٧ ٪ من الحروف التي تتكون منها اللغة الجينومية، وكتب في رسالته المؤرخة في الثاني عشر من فبراير ٢٠٠١ قائلا «يعيش العلم هذه الأيام عصر ثورة جارفة تسمى الثورة الجينومية التي ستدخل تغييرات راديكالية في عالم الطب، وهي ستخدم في النهاية فهم آلية ذلك اللغز المتعلق بمفهوم الحياة وأسرارها... ولذلك فإن المجلة حريصة على أن تساهم في إشراك قرائها بالمتابعة المباشرة لهذه الثورة»، ولم تكتف المجلة بذلك، بل وضعت هذا العدد الخاص أيضا على موقعها في الإنترنت ابتداءً من صباح يوم الخميس في الخامس عشر من فبراير، وبهذا فإن أي إنسان في العالم كان بإمكانه أن يدخل الإنترنت، ليقلب صفحات ذلك العدد الخاص وما يحويه من جواهر

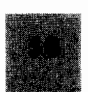
وياقوت، لاسيما هؤلاء المتعطشين إلى لذة المعرفة، وبالفعل لا يمكن أن أنسى ذلك الصباح الذي توجهت فيه من بيتي الواقع في سكن أعضاء هيئة التدريس بجامعة الكويت إلى حي الجابرية حيث تقع كلية الطب، وكان الوقت حوالى السابعة صباحا، وفي زحمة الطريق كنت منهمكا بحساب فارق التوقيت بين الكويت ولندن، وفي النهاية حسمت أمري على أن نسخة العدد الموعود ستكون، كما وعدت إدارة المجلة، موفرة «للجميع»، وصعدت المصعد الذي وجدته في ذلك اليوم بطيئاً إلى الطابق الرابع، حيث يقع قسم الكيمياء الحيوية، ولم أجد يومها أحدا، حيث كان يوم عطلة أسبوعية، ودخلت مكتبي لأفتح جهاز الكمبيوتر فوضعت العنوان التالي: http://www.nature.com/genome/، وبعد لحظات شعرت وكأنني وصلت إلى لندن وفتح لي موقع المجلة بسهولة، حيث كانت الساعة في لندن عندها لا تجاوز الخامسة والنصف صباحا، وفتحت لي الصفحة الأولى، ووجدت فيها صورة الغلاف الشكل (٨) التي حملت اسم المجلة وكلمة الجينوم البشري، وفي أسفل الصفحة تُعلم المجلة قراءها أن هذا العدد الهدية قُدم لكم بدعم من شركة أفنتيس (Aventis) للأدوية، وقد احتوت على صور كثيرة لصقت الواحدة تلو الأخرى لأناس من جميع الأعراق البشرية منهم المشاهير والأمراء والعلماء، ومنهم أولئك الذين صنعوا الحضارة، وبعض من الذين يعيشون على حافة التاريخ. وبدأت أنسخ على الناسخة الملونة، التي توجد في الغرفة المجاورة، ومن العناوين المثيرة التي حملها ذلك العدد ما يلي:

- لقد فُكَّت الأبجدية التي كُتبت بها الحياة... ولكن القصة لم تنته...
- وهكذا فإن أحرف الجينوم البشري تعمم للجميع
- جينوم الجميع
- إزالة الستار عن جينومنا
- براءات الاختراع والعصر الجينومي
- هل أنتم مهيأون للثورة؟
- الدليل الجاهز لمسودة الجينوم البشري
- الوجيز في الجينوم
- تعلم الإدمان من الجينوم...



الشكل (٨): غلاف العدد رقم ٤٠٩ من مجلة الطبيعة التي نشرت في الخامس عشر من شهر فبراير عام ٢٠٠١، تضمنت ملخصا عن أهم جوانب الجينوم، أما الشفرة الوراثية نفسها فهي محفوظة في بنك مركزي للمعلومات الوراثية في أمريكا، ويمكن لأي شخص تصفحه على شبكة الإنترنت العالمية.

وبعد أن تصفحت معظم العدد كتبت طلباً بواسطة البريد الإلكتروني إلى إدارة المجلة لأطلب منهم نسخة المجلة الورقية، خاصة أنني علمت أنها ستحتوي على خرائط مفصلة للصبغيات. وبالفعل وبعد أيام قليلة وصلتني الهدية، وللحقيقة فإن النسخة الورقية بألوانها اللماعة لها الوقع الأقوى على النفس من النسخة الإلكترونية، وبالفعل وجدت فيها الخرائط التوضيحية لكل صبغي على حدة، ومباشرة توجهت إلى الصبغي رقم ١٧ لأبحث عن مورثتي المفضلة وهي مورثة P53، وبالفعل وجدتها قابعة بالقرب من نهاية ذراع الصبغي القصيرة، وقد لونت باللون الأحمر (وهذا يعني أن الأحرف التي تتكون منها المورثة معروفة بنسبة ١٠٠ ٪) وتفحصت استراتيجية ذلك المكان الذي إذا حدث فيه أي خلل مهما كان بسيطاً فإن الإنسان، بطوله وعرضه، بقوته وجبروته، سوف يتحول إلى كائن تكون البعوضة الصغيرة أكثر منه قوة وشأناً، فقد تبين منذ عشرات السنين أنه ونتيجة لتغير في حرف واحد من حروف هذه المورثة المكونة من ٢٠ ألف حرف سيتحول الإنسان إلى أرض هشة لأنواع كثيرة من السرطان، وأشهرها السرطان المسمى بسرطان Li Fraumeni نسبة إلى الطبيبين اللذين اكتشفا هذا النوع من السرطان في عام ١٩٦٩، ومورثة الـ P53 تنتمي إلى عائلة المورثات التي تكون مسؤولة عن حماية الجسم من السرطان والتي تسمى Tumor Suppressor Genes. وبعد ذلك حاولت التعرف على بعض الجارات من المورثات التي تجاور



مورثة P53 لعلي أكون قد التقيت إحداهن، وبالفعل وفي مكان مجاور وغير بعيد (فقط على بعد مئات الآلاف من القواعد النوتيدية!) تعرفت على مورثة أخرى وجدتها متمركزة في بداية الذراع الطويلة للصبغي، وكنت قد تعرفت عليها في مناسبة أخرى منذ سنوات قليلة، فقد رأيت صورة لشخص مصاب بنوع من السرطان المسمى Neurofibroma (انظر الشكل ٩) وهي لمريض آخر مصاب بالمرض نفسه: المرجع رقم ٦)، وبالمناسبة، فإنني لن أنسى تلك الصورة ما حييت، حيث يشعر الإنسان بضعفه أكثر فأكثر، خاصة حين يعرف أن الذي يسبب هذا النوع من السرطان القاتل هو أن خلايا ذلك الرجل تحتوي على خلل بسيط في مورثة تسمى مورثة NF2 ، وهي تجاور مورثة P53، وهذا العطل ينتج عن فقدان بعض حروف المورثة. وقد تأكدت أكثر فأكثر من أن الصبغي رقم ١٧ يحتوي على مناطق استراتيجية ذات أهمية قصوى بالنسبة إلى حماية الإنسان من مرض السرطان، حين وقعت عيني على مورثة أخرى، ألا وهي المورثة التي إن حدث فيها خلل عند المرأة، فإنها ستصاب بسرطان الثدي، وهي في بداية الأربعينيات من عمرها، وتسمى مورثة BRCA1، وتستطيع أن تجدها على الذراع الطويلة للصبغي ١٧ بفضل إحداثياتها الموجودة على الخارطة الصبغية، التي تقرأ كما يلي: q21.2، وتنتمي هذه المورثة بالإضافة إلى مورثة NF2 إلى نفس عائلة مورثة P53، أي إلى عائلة المورثات التي تمنع الخلايا السرطانية من النمو والتكاثر.



الشكل (٩): شخص مصاب بسرطان يسمى ليفوم عصبي وسببه طفرة في المورثة الكابحة (المانعة) للتسرطن NF2، وهي عبارة عن تغير في أحد الحروف التي تتشكل منها المورثة.

تأملات في رحاب الجينوم

لو تأملنا اللغة التي كتبت بها الجينوم فسنجدها كتابة غريبة عجيبة، فحروف أبجدية الجينوم هي أربعة فقط، ولو تخيلنا، جدلاً، أن الجينوم هي عبارة عن كتاب لأمكن تقسيمها إلى أربعة وعشرين جزءا، ويمثل كل جزء أحد الصبغيات الأربعة والعشرين الموجودة في نواة الخلية والتي تمثل الصبغيات المرقمة من ١ إلى ٢٢، بالإضافة إلى الصبغي الجنسي الذكري Y أو الصبغي الجنسي الأنثوي X ، ويجب القول إن هذه الأجزاء (الصبغيات) تختلف بعضها عن بعض، وحين تم ترقيمها فقد بُني الترقيم على الطول التقريبي لكل صبغي، فالصبغي رقم ١ هو الأطول ويليه الصبغي رقم ٢ ثم ثلاثة إلى الرقم ٢٢. أما تسمية الصبغيين الجنسيين فهي تعتمد على الوظيفة المناطة بكل منهما، فالصبغي Y يوجد فقط في خلايا الذكر، أما الصبغي X فيوجد منه نسختان عند الأنثى ونسخة واحدة عند الذكر. وهذه التسمية تعود إلى سنين عديدة (انظر الشكلين ٥ و٦). أما عدد الحروف التي يتألف منها كل صبغي فهو أيضاً يختلف من صبغي لآخر، والشكل التالي يمثل عدد الحروف التي يتشكل منها كل صبغي على حدة، وهي تقديرات وليست أرقاما نهائية (المرجع ٧).

رقم الصبغي	طول الصبغي الحقيقي (آساس)	عدد الأحرف المقروءة (أساس)	عدد تقريبي للمورثات التي حددت على كل صبغي
١	٢٤٥.٢٠٣.٨٩٨	٢١٨.٧١٢.٨٩٨	٣٠٤٤
٢	٢٤٣ ٣١٥.٠٢٨	٢٣٧.٠٤٣.٦٧٣	٢٤٧٢
٣	١٩٩,٤١١,٧٣١	١٩٣,٦٠٧,٢١٨	١٨٠١
٤	١٩١ ٦١٠,٥٢٣	١٨٦.٥٨٠,٥٢٣	١٥١٠
٥	١٨٠,٩٦٧,٢٩٥	١٧٧.٥٢٤.٩٧٢	١٦٦٦
٦	١٧٠,٧٤٠,٥٤١	١٦٦,٨٨٠.٥٤٠	١٧٩٩
٧	١٥٨,٤٣١,٢٩٩	١٥٤.٥٤٦,٢٩٩	١٧٥٧
٨	١٤٥,٩٠٨,٧٣٨	١٤١,٦٩٤,٣٣٧	١٣٥٨
٩	١٣٤,٥٠٥.٨١٩	١١٥,١٨٧,٧١٤	١١٩٧
١٠	١٣٥.٤٨٠.٨٧٤	١٣٠,٧١٠,٨٦٥	١٣٤٧
١١	١٣٤.٩٧٨.٧٨٤	١٣٠,٧٠٩,٤٢٠	٢٠٣١
١٢	١٣٣,٤٦٤.٤٣٤	١٢٩,٣٢٨.٣٣٢	١٥٨٤
١٣	١١٤.١٥١.٦٥٦	٩٥.٥١١.٦٥٦	٧٢٦
١٤	١٠٥,٣١١,٢١٦	٨٧,١٩١.٢١٦	١٢٤٢
١٥	١٠٠,١١٤.٠٥٥	٨١,١١٧.٠٥٥	١١٣٧
١٦	٨٩,٩٩٥,٩٩٩	٧٩,٨٩٠.٧٩١	١٣٣٣
١٧	٨١,٦٩١.٢١٦	٧٧.٤٨٠,٨٥٥	١٦٥٦
١٨	٧٧,٧٥٣,٥١٠	٧٤,٥٣٤,٥٣١	٥٩٦
١٩	٦٣,٧٩٠.٨٦٠	٥٥,٧٨٠,٨٦٠	١٧٣٤
٢٠	٦٣.٦٤٤,٨٦٨	٥٩,٤٢٤,٩٩٠	٨٦٥
٢١	٤٦.٩٧٦,٥٣٧	٣٣,٩٢٤,٧٤٢	٤٢٠
٢٢	٤٩,٤٧٦,٩٧٢	٣٤,٣٥٢,٠٥١	٧٩٥
X	١٥٢.٦٣٤,١٦٦	١٤٧.٦٨٦.٦٦٤	١٣٧٤
Y	٥٠,٩٦١.٠٩٧	٢٢.٧٦١,٠٩٧	٢١٥
غير معروفة الموقع	٢٥,٢٦٣,١٥٧	٢٥.٠٦٢,٨٣٥	

ما العدد الحقيقي للجينات Genes (المورثات) في الخلية:

إن العدد الحقيقي للمورثات التي يتضمنها الجينوم البشري غير معروف بالضبط إلى غاية اليوم (مايو ٢٠٠٣)، لكن هناك تخمينات وتوقعات لذلك العدد، ففي منتصف الثمانينيات قدر العالم W. Gilbert أن العدد الحقيقي للمورثات الموجودة في الجينوم ١٠٠ ألف جينة، وقد استند في تقديراته إلى أن متوسط طول الجينة الواحدة التي اكتُشِفت في ذلك الوقت يبلغ ٣٠ ألف حرف أو جزيء قاعدي Base Pair، وبما أن الطول الكلي للجينوم يساوي ٣ مليارات جزيء قاعدي قام بالعملية التالية:

الطول الكلي للمورثة ÷ طول المورثة الواحدة = عدد المورثات وهكذا فإن:

٣,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ÷ ٣٠,٠٠٠ = ١٠٠,٠٠٠ مورثة وقد اعتُمد هذا الرقم في كتب المراجع (المرجع ٨)، وهناك تقدير آخر لعدد الجينات وهو ٧٠ إلى ٨٠ ألف جينة، وهذا التقدير يعتمد على عدد الجزر المسماة CG وهي عبارة عن تكرار للحرفين C G على طول المورثة، ومقارنة متوسط عدد المرات التي تتكرر فيها جزر C G في داخل المورثات المكتشفة إلى العدد الكلي لهذه الجزر في الجينوم ككل. وهناك تقدير آخر للعدد الكلي للمورثات يقع بين ٣٥ إلى ١٢٠ ألف مورثة، ويعتمد هذا التقدير على ما يسمى بالتتابعات المفصحة أو Expressed Sequence Tags (EST) التي جرى استنساخها من الجينوم الواحد (المرجعان ٩ و ١٠).

فلو أخذنا الكروموزوم رقم ٢١ الذي قرئت أحرفه بتاريخ ١٨ مايو ٢٠٠٠ (المرجع ١١)، تبين أن هذا الصبغي يتضمن ٢٢٧ مورثة فعالة Coding gene و ٥٩ مورثة كاذبة Pseudogene. ويوجد ١٢٧ مورثة من المورثات الفعالة كان قد جرى التعرف عليها من قبل هذا التاريخ، أي أن سلاسلها من الأحرف كانت معروفة مسبقاً، ويوجد ٩٨ مورثة من المورثات الفعالة التي يظن بأنها مورثات لأنها تماثل في تركيبها ما هو معروف عن أسس التركيب الجيني (وقد اعتبرت كمورثات جديدة). وفي جميع الأحوال فإن حوالى ٤١ ٪ من عدد الجينات الموجودة في الكروموزوم ٢١ لم تعرف لها أي وظيفة بعد. وتأتي أهمية دراسة الصبغي ٢١ لارتباطه بمرض المنغولي الذي يتجلى بوجود نسخة إضافية منه، وهكذا فإن كل المورثات الموجودة عليه (٢٢٥ مورثة) ستكون موجودة بنسخة إضافية (٣ نسخ بدلا من نسختين) ويعتقد أنه، ونتيجة لتضاعف إحدى هذه المورثات بمفردها، أو مع

مورثات أخرى، هي التي تؤدي إلى المرض، وقد أصبح الآن (بعد تحديد الجينات) من السهل أن تجري دراستها بشكل دقيق. والجهل بكيفية الآلية التي تعمل بها الجينات، لا يقتصر على تلك الموجودة على الكروموزوم ٢١، بل ينطبق على أكثر من ٩٠ ٪ من العدد الكلي للجينات الموجودة على معظم الصبغيات الأخرى، وهكذا فإن الطريق التي أمامنا ستكون طويلة جداً لمعرفة الوظائف التي تقوم بها كلُّ الجينات الموجودة في الجينوم. فالصورة، الآن، هي كالآتي: آخر الدراسات تتوقع أن يكون عدد المورثات في الجينوم البشري هو ٣١٧٧٨ مورثة، وقد يرتفع العدد ليصل إلى ٤٠ ألفا (مرجع ٣١) ونحن نعرف، حالياً، ما يقارب ١٠ آلاف مورثة منها، أي حوالى ٢٥ ٪، وقد جرى إيجاد العلاقة بينها وبين بعض الأمراض (المرجع ١٢)، أما ٧٥ ٪ من العدد الكلي للمورثات فلا تزال وظيفته مجهولة.

يعتبر الجينوم البشري أول جينوم جرت قراءة حروفه من الفقاريات، ويعتقد أن الحروف التي كتب بها الجينوم الإنساني لا تختلف كثيراً عن جينومات معظم الحيوانات الفقارية، وإليك بعض الملامح التي تميز الجينوم البشري:

(١) عدد الحروف المكتوب بها الجينوم البشري يساوي ٣٠ ضعف عدد الحروف التي كتبت بها مورثة الدودة الصغيرة المسماة (نيماتود) Nematode أو ذبابة الفاكهة المسماة Drosophila وتعادل فقط ٢٥٠ مرة حجم الجينوم الذي يميز خلية الخميرة، وهكذا فإن الحجم الذي يميز الجينوم قد لا يرتبط بدرجة الرقي التطوري التي يتميز بها الكائن الحي لكن الذي يميزه هو طريقة الكتابة وليس طولها أو قصرها.

(٢) عدد الجينات الموجودة في الجينوم البشري يعادل مرتين إلى ثلاث مرات ذلك العدد الموجود لدى دودة النيماتود أو ذبابة الخل. فبالنسبة إلى دودة النيماتود Nematode التي هي دودة صغيرة جداً تتكون من ٩٥٩ خلية فقط، وتنتمي إلى اللافقاريات (الكائنات التي لا تحتوي على عمود فقري) تبين أن عدد جيناتها ١٩ ألف جينة (شاهد المقارنة بين جينوم الإنسان وبعض الكائنات الأخرى في الشكل رقم ١٠)، وهكذا فإن الإنسان الذي يتكون من عشرة آلاف مليار خلية لا يحوي إلا ضعف عدد المورثات التي تحويها تلك الدودة، وهذا الأمر يفتح باباً كبيراً للمناقشة ويطرح أسئلة عدة أهمها: لماذا تحتاج هذه الدودة (التي لا يتجاوز عدد خلاياها مئات الخلايا) إلى هذا العدد الكبير من الجينات التي قُدِّرت بـ ١٩ ألف مورثة؟ وكيف يستطيع الإنسان أن يتلاءم ويصل إلى أعلى درجات الرقي في سلم التطور مع ٣٠ أو ٤٠ ألف مورثة؟ ولذلك فإن باب الحوار بين الباحثين قد فتح على

مصراعيه، وخاصة بعد أن بين اكثر الأبحاث أن عدد المورثات عند الإنسان لا يتجاوز الأربعين ألفاً. والمقارنة بين مورثات الإنسان ومورثات هذه الحيوانات قد طرحت مرة أخرى التساؤل حول نظرية داروين Darwin في التطور، وربما ستحيي الجدل من جديد في معظم أفكار «دارون» التي وردت في كتابه «أصل الأنواع» أو النشوء والارتقاء.

جرثومة الشريكة المعوية التي تسبب الإسهال المعوي وفيها صبغي خلقي واحد يتكون من ٤٦٣٩٢٢١ أساسا (المرجعان ٥٤ و٥٥)	جرى حل الشفرة الوراثية للإنسان في بداية العام ٢٠٠٣ وهي تتكون من ٣٠ إلى ٤٠ ألف مورثة (المرجعان ٥ و١٦)	Arabidopsis thaliana (المرجع ٥٦) النبتة التي عرفت في عام ٢٠٠٠ تتكون من حوالى ٢٦٠٠٠ مورثة
الطفيلي المسبب للملاريا ٥٢٦٨٠ مورثة، نصف مليار مصاب في العالم، أنجزت الشفرة في ٢٠٠٢/١٠/٣ (المرجع ٦٠)	الجينوم في خلايا الخميرة تتكون من حوالى ٦٠٠٠ مورثة (المرجع ٥٩)	تتكون جينوم ذبابة الفاكهة من ١٣٦٠٠ مورثة (المرجع ٥٧)
نبات الأرز الذي جرى الانتهاء من فك شفرته الوراثية في عام ٢٠٠٢ ويقدر عدد الجينات بـ ٥٠ إلى ٦٠ ألفا (المرجع ٥٣)	فأر التجربة الذي يحوي عدد المورثات نفسه لدى الإنسان ويختلف مع الإنسان في ١٪ منها (المرجع ١٤)	دودة النيماتودا التي تعيش على جذور النباتات طولها ١مم وعدد خلاياها الجسمية ٩٥٩ خلية. تحتوي جينومها حوالى ١٩٠٠٠ خلية (المرجع ٥٨)

الشكل (١٠)

(٣) «د. ن. أ» الإنسان يحتوي على نسبة عالية مما يسمى المناطق الصامتة أو غير الفعالة، وعلى نسبة قليلة من المناطق النشطة أو الفعالة. المنطقة الفعالة (منطقة الجينات) تشغل حوالى ٢,٥ إلى ٣ ٪ من المساحة الكلية للجينوم البشري، وتتميز بأنها تحتوي على نسبة عالية من الحرفين CG، أما المنطقة غير الفعالة (Noncoding Region) فهي تشكل حوالى ٩٧ ٪ من مساحة الجينوم، وهي تحتوي على نسبة عالية من الحرفين AT. وهكذا فإن مناطق الجينات تتميز بوجود الحرفين CG أما المناطق الصامتة من الجينوم فكتبت بالحروف AT بشكل غالب.

(٤) المنطقة غير الفعالة تحتوي على مناطق تتكرر فيها بعض الأحرف أو الصفحات، وهذه المناطق المتكررة (Repetitive sequences) تشغل حوالى ٤٦ ٪ من مساحة الجينوم ولا نعرف لها، إلى الآن، وظيفة واضحة.

(٥) المساحات الباقية من الجينوم (٥١ ٪) تحتوي على ما يسمى المعززات أو المحضضات Promoters والمناطق المسؤولة عن مراقبة نسخ المورثات الفعالة Transcriptional Regulatory sequences، وهناك بعض المناطق التي لا تعرف وظائفها إلى الآن (الشكل ٢).

(٦) تتخلل الجينوم البشري أحرف مكتوبة بتوالٍ منتظم، وهي التي تختلف بين البشر وتسمى الحرف المفرد المتعدد الصور Single Nucleotide Polymorphism (SNP)، ويمكن أن تشمل أي حرف من الحروف الأربعة التي كتبت بها الجينوم وهي A, G , C ,T. وللعلم فإن أحد هذه الأحرف يتكرر على طول الجينوم بمسافات منتظمة، وفهم كيفية تكرارها في الجينوم ستكون له دلالات هامة في محاولة تفسير تنوع وتوزع الجماعات البشرية بالإضافة إلى تاريخها التطوري. وقد تم تحديد ١,٤٢ مليون حرف مفرد متعدد الصور في الجينوم البشري، وهكذا فإن تكرارها على طول الجينوم، يكون بمعدل حرف واحد لكل ١٩٠٠ حرف من أحرف الجينوم . ويقع حوالى ٦٠ ألف حرف من هذه الأحرف المتكررة في مناطق المورثات، أما معظمها فيقع في المناطق الصامتة من الجينوم (المرجع ١٣).

(٧) وفي جميع الأحوال يجب أن نعرف أن أحرف الجينوم البشري تتشابه بنسبة ٩٩,٩٪ بين البشر، أي أن الفرق في تسلسل الأحرف الأربعة بين شخص يعيش في أفريقيا ومن أصل أفريقي وآخر يعيش في أمريكا

ومن أصل أبيض لا تجاوز ٠,١٪، وهذا الخلاف البسيط في أحرف الجينوم يكفي لأن يكون الأفريقي أفريقياً والألماني ألمانيا، بكل ما في الكلمة من معنى، فسبحان الله كيف يمكن لهذا أن يكون. وزيادة في الغموض، إن الخلاف في هذه الأحرف بين فرد وآخر، يتوزع في مناطق الجينوم التي يعتبرها العلماء مناطق صامتة أو غير نشيطة التي لا تتم ترجمتها أو التعبير عنها في الخلية على شكل بروتين. وقد بينا سابقا أن الفروق في أحرف وتسلسل المناطق النشطة (الجينات) بين شخصين قد تكون قاتلة، ولذلك فإن التشابه بين البشر في هذه المناطق من الجينوم قد يصل إلى ١٠٠٪ مع معرفة أنه يوجد بعض الاختلافات النادرة الحدوث التي لا تقود إلى تغيير في تركيب البروتين.

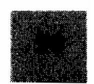
وفي الخامس من ديسمبر ٢٠٠٢ نشرت مجلة «الطبيعة» (المرجع ١٤) ولأول مرة ، أحرف جينوم الفأر، حيوان التجربة المفضل بالنسبة إلى العلماء، وقد ساعد كثيراً على الفهم الدقيق للتفاعلات البيولوجية التي تجري في أجسامنا. وبعد أن نُشِرت الأحرف المكونة للجينوم سارع العلماء إلى مقارنتها مع أحرف الجينوم البشري التي كانت قد نشرت مسودتها منذ عامين، وعلى الرغم من أن الفأر ليس بشراً ـ الاختلاف بين الفأر والإنسان لا يخفى على أحد ـ لكن مسودة الخارطة الجينية للفئران تظهر عدم وجود فرق كبير بينها، وبين جينوم البشر، فعند كل من الإنسان والفأر ٣٠ ألف جينة مشتركة في كثير منها، بينما تتماثل لديهما ٩٠٪ من الجينات التي لها علاقة بالأمراض. وقد أظهرت الدراسة المقارنة لكلا الجينومين أنهما لا يختلفان إلا في ٣٠٠ جينة، وهذا يؤكد أن الفأر هو الحيوان النموذجي لدراسة أمراض الإنسان واختبار الأدوية الجديدة. وقد تبين أن المورثة المسؤولة عن نمو ذيل الفأرة يوجد منها نسخة في جينوم الإنسان لكنها صامتة، ولو تكلمت (عبرت عن نفسها) في مرحلة من مراحل التطور الجنيني لأصبح للإنسان ذيل كالفأر.

الجينوم... من السياسة والاقتصاد إلى الحرب

كما ذكرنا آنفاً، فإن فهم هذه الحروف وطريقة تكرارها، ومحاولة رسم الخارطة التي تتوزع بها الحروف ضمن الجينوم، سيكون لها أثر كبير في المحاولات التي تجرى لفهم الأمراض، وطريقة تشخيصها وشفائها والتي

قد تكون لها علاقة بكيفية الطريقة التي يترتب فيها هذا النوع من الأحرف ضمن الجينوم، وما سيتمخض عنها من أرباح اقتصادية للشركات الدوائية.

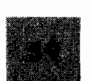
إن طبيعة هذه الأحرف المتكررة بانتظام بالغ ضمن الجينوم البشري، تختلف باختلاف المجموعة البشرية ومكانها وصلة قرابتها الجينية، ولذلك فإن هذه المعلومات سيكون لها دور كبير في تسهيل عملية التشخيص المرضي ومعالجة الأمراض بفعالية كبيرة لكل مجموعة بشرية. ولنضرب مثالا على تخيل إمكان الاستفادة من فهم هذه الحروف السحرية وطريقة توزعها: فلو أخذنا منطقة محددة من الصبغي رقم واحد (أو أي صبغي آخر من الصبغيات الأربعة والعشرين) لمجموعة من أهل الكويت وفحصنا كيفية تكرار هذه الحروف، لوجدناها تتكرر بطريقة تميز أهل الكويت عن سائر سكان العالم، وسنجد أنها تختلف بطريقة تكرارها بشكل كبير عن هؤلاء الذين يعيشون في اليابان، ولو حللنا المنطقة نفسها من الصبغي رقم واحد لمجموعة من أبناء سوريا لوجدناها أيضاً تختلف بالدرجة نفسها عن سكان اليابان، ولكن الاختلاف مع حروف أهل الكويت سيكون أقل بكثير عمّا هو عليه مع أهل اليابان، أما إذا تفحصنا تردد هذه الأحرف لأهل بيروت فسنجدها أقرب ما تكون لأهالي سكان حي ركن الدين في مدينة دمشق أو حي السبيل في حلب الشهباء، وهكذا فإن استخدام هذا النوع من المعلومات، التي تميز الطريقة التي كتبت بها معلوماتنا الوراثية، سيكون له الأثر الكبير على جميع المستويات بما فيها المستوى الاجتماعي و السياسي و... و... وسيكون من الصعب حينئذ قول أحدهم: إن سكان سوريا ولبنان وفلسطين والأردن لا ينتمون إلى مجتمع واحد، وينطبق الأمر على أهل الخليج وشمال أفريقيا، وتبقى مصر كالعمود الفقري الذي يربط الجسم العربي من الغرب إلى الشرق ومن الشمال إلى الجنوب، وهكذا فإنني أرى أن ما حصلنا عليه من معلومات حديثة، سيؤكد علمياً أن هذه الأمة أمة واحدة فهل من معتبر؟! وفي جميع الأحوال فإن الله خلق العرق البشري الذي ينتمي إليه بنو الإنسان جميعاً، ووهبه صفات مشتركة تجعله متميزاً بذاته عن ملايين الكائنات الحية الأخرى التي تعيش بجواره فهل من متفكر؟! وليس ذلك فقط، بل إن مصير هذه الأمة مرتبط بعضه ببعض بوشائج لا يمكن تخيلها إلا إذا فهم الإنسان الطريقة



التي كتبت بها أحرف مورثاتنا، فهناك دلائل كثيرة تشير إلى أن هذه الصفات الجينية التي تميز كل عرق أو عشيرة على حدة، قد تستخدمها بعض الدول العدوانية وفي مقدمتها إسرائيل للقضاء على بعض المجموعات البشرية بشكل اصطفائي من دون الإضرار بمجموعات أخرى، وهذا ما يسمى بالسلاح البيولوجي المبني على المعلومات الجينية، وهو يعد أكثر اصطفاءً من السلاح النووي الذي يقتل البشر والحيوانات والنبات من دون تمييز. والذي ذكرته ليس مطبقاً اليوم، لكن قد تكون بعض المختبرات في تلك الدول قد بدأت فعلياً بوضع الخطط والبرامج لمحاولة دراسة إمكان الاستفادة من هذه المعلومات المتوافرة، ويبدأ ذلك بتجريب بعض الأدوية على أنواع من الحيوانات، للتأثير عليها بشكل اصطفائي، ولهذا فإنني أتوقع أن الأمة التي ستمتلك المستقبل، هي الأمة التي ستفهم آلية استخدام المعلومات الوراثية التي يتميز بها الجينوم البشري.

وبما أنه سيكون من المستحيل أن نستطيع قراءة الجينوم البشري لكل إنسان على وجه الأرض وذلك لعدم القدرة على ذلك، وللعلم، فإن النتائج التي نشرها مشروع الجينوم البشري عن أحرف الشفرة الوراثية تعبر عن عدد قليل من الأشخاص (خمسة فقط) الذين ينتمون إلى عرقيات مختلفة، والذين تطوعوا بإرادتهم لإعطاء عينة من دمائهم للحصول على الـ د. ن. أ الذي استخدم للدراسة، وفي الدراسة التي قام بها مشروع الجينوم البشري التابع للحكومة الأمريكية فإن هؤلاء الأفراد هم ثلاثة ذكور وأنثيان وقد حفظت أسماؤهم بشكل سري، وقد خُلِطت عينات الدم المأخوذة من كل شخص مع العينات الأخرى بعد إزالة اسم الشخص، وذلك لكي لا يعرف أبداً صاحب الشفرة الموجودة بين أيدينا. أما عن شخصية الأفراد الذين جرت قراءة أحرف شفراتهم من قبل مختبر (سيليرا) الخاص فهي غير معروفة أيضاً، وهناك بعض الإشاعات التي تقول إن الشفرة الوراثية المنشورة رسمياً تتعلق بجينوم (كريغ فنتر) صاحب الشركة نفسها!

وهناك، الآن، اتجاه للقيام بما يسمى عمليات أرشفة Genetic Profiling للجينوم لكل عرق من الأعراق، وذلك لأهمية هذا بالنسبة إلى فعالية الأدوية على الأمراض. وتجري عملية الأرشفة بتحديد أحرف المورثات في مناطق معينة من أجزاء الجينوم لكل مجموعة بشرية. فالدواء الذي يكون له فعالية



قوية على مجموعة بشرية معينة، قد يفقد هذه الفعالية إذا استُخدِم من قبل مجموعة أخرى، وهذا يعني أن شركات الأدوية ستسعى في المستقبل القريب إلى معرفة خصائص الجينوم لكل المجموعات البشرية التي تسكن هذا الكوكب حتى تتمكن أن تقدم لهم أدوية فعالة. وكما ذكرت آنفاً، فإن هذه المعلومات الخاصة بكل مجموعة بشرية، يمكن استخدامها للتجريب على اكتشاف أدوية قاتلة لتلك المجموعة دون غيرها.

هل من جينوم جيد وآخر سيئ؟

يبدو جلياً أن التطور السريع لعلم الوراثة الحديث سيكون له تأثير كبير في العلاقات الاجتماعية في جميع المجتمعات، وهذا كله قد يؤدي في المستقبل إلى تغيير حيوي ومهم ونوعي في نوعية الإنسان الذي سيخلفنا في العصور المقبلة. ومن المعروف أن قضية الاصطفاء الطبيعي تتضمن قدرة الكائن الحي على الاستمرار والتكيف لكي يستمر في حياته، وهذا المفهوم ينطبق على جميع الكائنات الحية بمن فيها الإنسان، فعندما يهاجم مرض معين مجموعة من الأفراد فإن مقاومة هؤلاء الأفراد لذلك الوباء ستختلف من فرد إلى آخر، فأول من سيتأثر به كبار السن حيث إن تركيبتهم الوراثية قد تكون غير قابلة للمقاومة التي يبديها هؤلاء الذين لا يزالون في طور الشباب، ويضاف إلى ذلك أن بعض الأشخاص المصابين ببعض العيوب الوراثية سيكونون أكثر تعرضاً لبعض الأمراض من غيرهم، وهذا يدعونا للتخيل بأن الذين يكون تكوينهم الجسدي (وخاصة فيما يتعلق بطبيعة الجينوم الموجود في خلاياهم) ضعيفاً سوف يتوقف استمرارهم وينقطع أثرهم الوراثي في الأجيال القادمة، أما الذين يتميزون بأنهم يمتلكون نوعية جيدة من المورثات فإنهم سوف يُحفظون وسيتركون أثراً لهم في الأجيال المتعاقبة، وهذا يعني أن الإنسان أو غيره من الكائنات الحية يطرأ عليه تغيير كبير (المقصود هنا تغير في تركيبته الوراثية) نتيجة لتفاعله مع العوامل المؤثرة الكثيرة الموجودة في وسطه الخارجي الذي يعيش فيه، وأي تغير سلبي أو إيجابي يحصل على مورثاته سيؤدي إلى التأثير في كيفية استمراريته. وهكذا يمكن أن نتصور أن وظيفة الاستمرارية والبقاء تقترن إلى مدى بعيد مع القوة التكوينية التي يتمتع بها الكائن الحي، وكما يقال أحياناً لا مكان للضعفاء على وجه هذه الأرض، وكأن سنة الحياة تقول: إذا أردت أن تحيا بكرامة فيجب أن

تكون قوياً. وبعد قراءة الجينوم البشري يبدو أنه سيكون ممكناً معرفة أمور كثيرة عن قوة وكمال الشخص وقد يكون ذلك ممكناً بقراءة جينوم ذلك الشخص، وبالتالي فإنه سيُعرف كل شيء كتب عنه ولن يكون ممكناً أن نخفي نقاط الضعف الموجودة لدينا، وهكذا فإذا أردت الزواج وتشكيل عائلة المستقبل فقد تتغير طريقة البحث ويحل محل الطرق القديمة أن يكون البحث مبنياً على ذلك المطلوب وهو جينوم الشخص وليس شكله.

هل من الممكن أن يختار الإنسان مورثاته؟

يقول بعض الغربيين إن من حق أي عائلة أن تنجب أولادا أو بناتا يجمعون بين القوة والذكاء والجمال والصحة على أن يتم ذلك باستخدام نطاف أو بيوض من أناس غرباء أو فقط باستخدام عدد محدود من المورثات التي يتم تركيبها بشكل اصطناعي. وللعلم أن بعض العائلات التي تعاني من أمراض العقم في أوروبا وأمريكا قد بدأت باستخدام ما يسمى بالتقنيات المساعدة على التكاثر، والتي تتجلى باستخدام النطاف التي لا تنتمي إلى الأب العقيم، وبشكل أقل فقد استُخدِمت البويضة في حالة العقم عند المرأة.

دور المورثات في التكوين الشخصي

هناك فريق من الباحثين والمهتمين بهذا الأمر يقول إن للمورثات أثراً غير مهم في تكوين الشخصية، وهم يعتقدون أن دور المورثات ينحصر في توارث الصفات الظاهرة كلون العينين، والبشرة، والطول، ولا يتضمن، مطلقاً، الصفات الشخصية، أو الحالة النفسية. وكمثال للصفات الذاتية: الإبداع، والحكمة، والجدية، والإخلاص، والعدوانية. وهناك فريق آخر يعتقد أن جميع تلك الصفات الشخصية تعتمد بشكل رئيسي على المورثات التي يحصل عليها الفرد من أبويه، وفي الواقع. إن النتائج العلمية الحديثة تدعم وتؤكد موقف الفريق الثاني في أن المورثات تتدخل وتقود كل جوانب الحياة، بما فيها الصفات الشخصية التي ذكرناها آنفاً. ولشرح الرأي القائل إن المورثات هي التي تقف وراء كل الجوانب المتعلقة بحياة الفرد فإنني سأورد نتائج بعض الدراسات التي أجريت على التوائم الحقيقية (المرجع ١٥) فقد قام عالم النفس Thomas J Bouchard من جامعة Minnesota بدراسة توأم حقيقي

مؤلف من أخوين جرى إبعادهما عن بعضهما ليعيشا في بيئتين مختلفتين، فقد عاش أحد الأخوين و يدعى «أوسكار ستوهر» في ألمانيا وقد اعتنق الكاثوليكية أما أخوه «جاك» فقد عاش في ترينيداد وقد اعتنق اليهودية، وللعلم فإن الأخوين تفرقا بعد الولادة مباشرة وقد استمر فراقهما أربعين عاماً، التقيا خلالها مرة واحدة وهما في سن العشرين. عندما وصل الأخوان إلى الجامعة للمشاركة بالدراسة التي أجراها الباحث «بوشارد»، كانا يرتديان قميصين متشابهين في اللون والموديل إلى حد بعيد، وقد كان لهما شاربان متشابهان ويضعان نظارتين متشابهتين وقد أظهرت الدراسة أن لهما حاسة التذوق نفسها بالنسبة إلى الأطعمة ومعظم الصفات الشخصية كالتسرع في التصرف وهم يستخدمون الطريقة نفسها في المزاح، فمثلاً كلاهما يتصرف بالطريقة نفسها في شد انتباه الآخرين وخاصة عندما يرغبون في التهريج، فقد لوحظ عليهما أنهما يعطسان بالطريقة نفسها، وعندما يستخدمان المصعد وذلك لإضحاك الناس الموجودين في المصعد. هناك دراسات كثيرة توضح أن للمورثات دورا أساسيا في جوانب أخرى تتعلق بحياة الفرد كالنشاط والكسل، والإدمان على الخمر، والجريمة، وحب السيطرة، والذكاء، والحياة الجنسية، وفي جميع الأحوال فإن الاعتقاد السائد، حاليا، بين العلماء هو أن المورثات لها الدور القيادي في تكوين الفرد، لكن البيئة المحيطة تلعب دورا إضافيا يتجلى بمساعدة المورثات على القيام بعملها ولكنه لا يستطيع أن يتجاوزها في أي حال من الأحوال.



3

حل الشفرة الوراثية: أهو ثورة في تقدم الطب أم بداية في التعقيد؟

هل من أسرار جديدة عن خلق الإنسان؟

لقد شاء الله جل وعلا أن يضع أكبر سر من أسرار خلق الإنسان ضمن ما يسمى المادة الوراثية الموجودة في كل خلية من خلايا الجسم، وبشكل أدق، فإن هذه المعلومات والأسرار وضعت في داخل نواة الخلية التي لا يمكن رؤيتها إلا تحت المجهر بعد أن يجري تكبيرها آلاف المرات. أما المادة الوراثية نفسها فهي موجودة على شكل خيوط رفيعة متطاولة ومتناثرة ضمن النواة وهذه الخيوط تسمى الحمض النووي (DNA)، وتأخذ شكلا لولبيا أو حلزونيا مضاعفا Double Helix. وقد تأخذ أشكالا مختلفة، وذلك تبعا للمرحلة الوظيفية للخلية التي توجد بها الخلية في أثناء حياتها (مراحل الانقسام الخلوي)، وهكذا فهي في حالة ديناميكية غير ثابتة الشكل، ففي مرحلة نسميها الحمض النووي (DNA)، وفي مرحلة أخرى نسميها كروماتين (Chromatin)، وأحيانا أخرى ندعوها بالصبغيات (Chromosomes). أما عدد هذه الخيوط في الخلية الواحدة فهو يختلف

«قد يصبح من الممكن قريبا معرفة أدق أسرار الحياة البشرية».

المؤلف

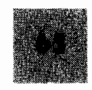


من كائن إلى آخر، فخلية الإنسان فيها ستة وأربعون صبغيا، أما خلية ذبابة الخل (Drosophila) فهي تحوي ثمانية صبغيات، أما خلايا الخميرة التي تستخدم في صناعة الخبز فتحوي اثنين وثلاثين صبغيا. إن المادة الوراثية (DNA) الموجودة في كل خلية من خلايا الإنسان تتكون من ٣,٢ بليون عنصر كيميائي، كل عنصر منها يمثل ما يسمى جزيئا وهو عبارة عن أحد العناصر المسماة أدينين، سايتوزين، غوانين، ثايمين، ويرمز لهذه الجزيئات علميا بالأحرف T, G, C, A على التوالي. ولو أن هذه المليارات (٣,٢ بليون) من الجزيئات قد كتبت على شكل خط مستقيم، بالحجم التالي نفسه: TCCTGGTCTTAAGGGCTCAAA فإن هذا الخط سيمتد إلى مسافة تقدر بخمسة آلاف كيلو متر وهو ما يعادل المسافة بين الكويت ولندن، أو بين نيويورك وباريس، و لو أردنا كتابة المعلومات الوراثية الموجودة في خلية واحدة من خلايا جسمنا لملئت مليون وخمسمائة صفحة من القطع العادي. و يقدر مجموع طول خيوط الحمض النووي الموجودة في خلية واحدة من خلايا الجسم بحوالى عشرة أمتار، ولو علمنا أن الجسم البشري يحوي حوالى $١٠^{١٣}$ خلايا فسيكون الطول الكلي لهذه الخيوط في الجسم ما يقارب $١٠^{١١}$ كيلومترات. وللعلم فإن هذه الكتابة الطويلة للمعلومات الوراثية تتميز بأعلى درجات الدقة والإتقان الرائع، وإن كل حرف له محله الخاص، ولنتصور أن مجرد تغيير حرف من مكانه في هذه الكتابة الطويلة (٥٠٠٠ كم) قد يسبب موت الطفل الوليد وهذا ما نسميه أمراض الطفرات الوراثية. وقد اكتشف العلماء الكثير من هذه الطفرات التي تصيب المورثة (DNA) التي يكون سببها خارجيا كالإشعاعات الضارة والمواد الكيميائية أو يكون نتيجة لعوامل داخلية تحدث في أثناء تضاعف وتجديد المادة الوراثية بعد كل انقسام خلوي.

وقد اتفق العلماء على تسمية هذا الترتيب للعناصر الوراثية «الشفرة» ومن الجدير بالذكر : أن من أصعب الأمور التي تواجه العلماء، ليس في قراءة الشفرة فحسب، بل في الفهم الصحيح لهذه القراءة. إن القراءة الكاملة للذخيرة الوراثية ربما تكون ممكنة خلال الأشهر القادمة، أما موضوع الفهم الصحيح لهذه الكتابة فقد يمتد إلى عشرات أو مئات السنين، أو قد لا نصل أبدا إلى الفهم الكامل والتام لكيفية عمل المورثات وكيفية تفاعلها بعضها مع بعض بشكل واضح ودقيق.

إن المادة الوراثية تتكاثر وتتضاعف في داخل كل خلية بشكل مستمر، فمثلا قبل كل انقسام خلوي يتضاعف عدد الجزيئات من ٣,٢ بليون إلى ٦,٤ بليون جزيء، وعملية التضاعف هذه تتم بسرعة مذهلة (حوالى ساعة واحدة) وبدقة متناهية. إن من أهم ما يميز عملية تضاعف المادة الوراثية (أو ما يسمى بعملية نسخ المادة الوراثية) هو أن المادة المنتجة أو المستنسخة يجب أن تكون مطابقة مائة بالمائة للمادة الأصلية، ويتم ذلك في خلايا أجسامنا ملايين المرات يوميا، وتشرف على هذه العملية الصناعية في داخل نواة الخلية مجموعة كبيرة من المهندسين (الأنزيمات) وفي حالة حصول بعض الأخطاء أثناء عملية النسخ فإن هناك مهندسين آخرين يتدخلون فقط من أجل إصلاح الأخطاء، وقد تحصل الكارثة إذا كان هذا النوع من المهندسين نائما أو متأخرا في الوصول إلى مكان عمله في اللحظة المطلوبة، أما إذا كان مريضا فعندها قد يطلب من مهندس أخر الحضور إلى مكان العمل. أخطر ما يمكن حصوله هو أن يكون المهندس من ذوي الاختصاص الفريد عندها قد يؤدي عدم إصلاح الخطأ في المادة الوراثية المستنسخة إلى عواقب وخيمة في الخلايا الوليدة وفي هذه الحالة يحصل ما يسمى بالطفرة Mutation (انظرالتعريف)، والخطورة في ذلك عندما تكون الطفرة قد أصابت وعطلت عمل أحد البروتينات الضرورية التي لها دور مهم في حراسة أحد الأمور المهمة في حياة الخلية كمثل ذلك المهندس المسؤول عن تصليح الأخطاء والذي تم وصفه قبل قليل بصاحب الاختصاص النادر!

بالإضافة إلى عملية التضاعف أو النسخ فإن المادة الوراثية (DNA) تترجم في داخل الخلية لتنتج مجموعة كبيرة من البروتينات بما فيها الأنزيمات (إذا أردت سمِّها المهندسين ذوي الاختصاصات النادرة) ويتم ذلك بعملية بالغة التعقيد والدقة يتم فيها في البداية ترجمة DNA المورثة إلى ما يسمى الحمض النووي الريبي الرسول mRNA (م. ر. ن. أ) الذي يستخدم كقالب في إنتاج جميع البروتينات الخلوية (الشكل رقم ٢).



وتجدر الإشارة إلى أن هناك تنوعا كبيرا للذخيرة الوراثية بين الكائنات الحية، ويبين الجدول أدناه التنوع والاختلاف في طبيعة المادة الوراثية بين الكائنات الحية، فالعدد الصبغي لخلية الخميرة الواحدة (وهي كائن حي مستقل) يساوي أربع مرات العدد الموجود لدى ذبابة الفاكهة والتي تتشكل من حوالي ١٠٠ مليون خلية.

وقد أثبتت البحوث العلمية أن المواد الوراثية الفعالة والنشطة عند الإنسان لا تزيد عن الثلاث بالمائة أما السبع والتسعون في المائة الباقية فلم تكتشف وظائفها حتى الآن.

	خلايا الخميرة	ذبابة الخل	الإنسان
عدد الخلايا الكلي	١	$١٠^{٨}$	$١٠^{١٤}$
عدد الجزيئات الموجودة في المادة الوراثية	$١,٤ \times ١٠^{٧}$	$١,٤ \times ١٠^{٨}$	$١,٤ \times ١٠^{٩}$
النسبة المئوية للمادة الوراثية النشطة	٢٠	١٠	٣
العدد الصبغي	٣٢	٨	٤٦

مشروع حل الشفرة الوراثية للإنسان يشارف على الانتهاء

في بداية الألفية الثالثة، وبالاقتراب من أعظم إنجاز علمي عرفته الإنسانية في تاريخها الطويل، وهو الإنجاز المتمثل بحل الشفرة الوراثية، يبدو واضحا أن عالم الغد سيكون مختلفا كل الاختلاف عما عرفه الإنسان إلى وقتنا هذا، وأن بداية هذا القرن تبشر بتحول كبير وتشكل نقطة مهمة وحساسة في التطور البشري. كل ذلك تعود نتيجته إلى المشروع الضخم المسمى مشروع حل الشفرة الوراثية للجنس البشري. هذا الإنجاز العلمي الرائع الذي لم تعرف له البشرية مثيلا منذ قرون عديدة يمكن مقارنته

باكتشاف آخر كان قد توصل إليه الإنسان في بداية القرن الثامن عشر، وبالتحديد في عام ١٨٠٠ م في مجال علم الكيمياء، وهو اكتشاف ما يسمى الجدول الدوري للعناصر (Periodic Table)، حيث أسهم بشكل كبير في فهم طبيعة المادة، وكان له فضل كبير في التطور السريع الذي قفز بعلم الكيمياء إلى مراحل متطورة بما فيها من اكتشافات مذهلة أسهمت في تطور الحياة البشرية وكان لها تبعات من أهمها اكتشاف القنبلة الذرية. وهكذا، فإذا كان القرن الثامن عشر يمثل البداية المحركة لفهم خواص المادة فإن القرن العشرين حمل بين طياته بداية لفهم المادة الحية، حيث تجلى باكتشاف المادة الوراثية (DNA) في عام ١٩٥٤، وفي الوصول إلى قراءة الشفرة الوراثية التي جرى الانتهاء منها بشكل كامل خلال الأيام القليلة الماضية. وبهذا فقد يصبح من الممكن قريبا معرفة أدق أسرار الحياة البشرية.

لقد بدأ المشروع أعماله في عام ١٩٩٣ برئاسة الدكتور «فرانسيس كولين» من المعهد الوطني للصحة في الولايات المتحدة الأمريكية (NIH) ويضم المشروع ألف ومائة باحث ينتمون إلى ست عشرة جامعة موزعة في ستة بلدان وهي أمريكا، إنكلترا، فرنسا، ألمانيا، سويسرا واليابان. وهناك أيضا بعض الشركات الخاصة التي تنافس تلك الجامعات والتي تريد أن تحقق أرباحا طائلة من وراء حل الشفرة الوراثية، لكن من الواضح أن حكومات العالم لن تسمح باحتكار المعلومات الوراثية من قبل الشركات الخاصة، والدليل على ذلك أن جميع النتائج التي يتم الحصول عليها في المختبرات الحكومية تُنشَر يوميا على شبكة الإنترنت حتى تكون في متناول جميع الباحثين في العالم.

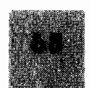
لقد استطاع العلماء منذ فترة قريبة استنساخ وتطوير حيوانات جديدة (معدلة وراثيا) وهنا نرى أن الفأرة الموجودة في أسفل الصورة (الشكل ١١) وهي التي أضيف لها مورثة MDM2 أكثر سمنا من أختها الموجودة في أعلى الصورة، وهذا يظهر أننا نستطيع الآن بطريقة اللعب بالمورثات الحصول على أنواع جديدة من الحيوانات، ويخشى في المستقبل أن تستخدم هذه التقنيات لتعديل الإنسان وراثيا.



الشكل (١١): يمثل نوعا من الفأر المعدل وراثيا والذي أُنتجَ عن طريق إضافة جينة MDM2 إنسانية إلى البويضة الملقحة للفأر لتندمج في جينومه وهذا يؤدي إلى أن جميع خلايا الحيوان (العبر جيني) التي تتطور من البويضة الملقحة ستحوي على أكثر من نسخة من مورثة MDM2 بما فيها الخلايا التكاثرية كالنطاف والبيوض وهذا يعني أن التعديل الوراثي سيتم توريثه إلى الأجيال المقبلة. وهنا يبدو الفأر المعدل وراثيا (في الأسفل) أقل سمنة من الحيوان الذي لا يحوي على المورثة الدخيلة. وكان الهدف من التجربة هو صناعة نوع من الفئران، يحوي في خلاياه نسخا كثيرة من مورثة MDM2 التي ستسبب السرطان، وبشكل غير متوقع اكتشفنا أن هذه المورثة لها دور في تطوير مرض جلدي كما يمكن رؤيته على شكل تقشرات مستمرة للجلد، وقد نظمنا براءة اختراع بهذا الاكتشاف للوظيفة الجديدة لمورثة MDM2 (انظر المرجع Alkhalaf et al. 1999).

قراءة في المورثات أم قراءة لمستقبل الإنسان والبشرية؟

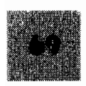
إذا كانت لغة ما من اللغات الموجودة في العالم تحتوي على ٣٠ إلى ٤٠ حرفا تُشَكَّل منها ملايين الكلمات والجمل والعبارات فإن المادة الوراثية الموجودة في خلية واحدة من خلايا الإنسان تحتوي على ٣,٢ بليون حرف، كما سبق ذكره، كل منها عبارة عن جزيء من الأحماض النووية المسماة آدينين، سايتوزين، غوانين، ثايمين، وبإمكان تلك الأحرف أو الجزيئات أن تعطي عددا غير محدود من الكلمات، والكلمة هنا يمكن أن تعني بروتينا أو أنزيما يكون مسؤولا عن وظيفة محددة داخل الخلية. وهكذا فإن هذا الاختلاف والتنوع الكبير في البروتينات الموجودة في الخلايا هو السبب



في كون الخلية مهيأة لأداء دور محدد وهو الذي يجعل منها خلية عصبية أو خلية جلدية أو خلية تكاثرية كالبويضة أو النطفة. وهكذا فإن جميع خلايا الجسم تحتوي على المادة الوراثية نفسها، غير أنها تختلف فيما بينها من حيث نوعية المورثات النشطة في داخل كل خلية. يعتقد الآن أن كل خلية من خلايا الجسم تحتوي على ما يقارب مائة ألف مورثة، وأن كل مورثة قد تنتج على الأقل بروتينا واحدا، وأحيانا قد تنتج أنواعا مختلفة من هذا البروتين وهكذا فإن عدد البروتينات قد يصل إلى مئات الآلاف، لكن في واقع الأمر أن الخلية الواحدة قد تحتوي على أقل من هذا العدد الضخم، ففي الخلية العصبية يوجد أنواع معينة من البروتين التي قد تكون غائبة عن الخلية الجلدية، أما في الخلايا التكاثرية فقد نجد أنواعا أخرى من البروتينات التي قلما نجدها في الخلية العصبية أو الجلدية. وتجدر الإشارة إلى أن المائة ألف مورثة لا يتم تنشيطها دفعة واحدة، بل إنه يوجد تناسق كبير في عملية تنشيطها في كل خلية، وأن المورثات تعمل بشكل منظم ومبرمج بدقة فائقة ولهذا فإن مجرد خلل بسيط في عمل مورثة واحدة فقط قد يؤدي إلى نتائج وخيمة تؤدي إلى موت الإنسان وهلاكه، وهذا ما يحدث في معظم الأمراض السرطانية، وكذلك ما يحدث نتيجة للإصابة بالأمراض الوراثية الخطيرة ومنها أمراض التخلف العقلي وأمراض العضلات والأعصاب.

المورثات والتطور: هل علم الوراثة الحديث يوافق نظرية دارون؟

من الواضح أن الحياة قد تكون ممكنة التحقيق بوجود عدد قليل من المورثات، فمثلا نجد أن بعضا من الجراثيم تحتوي على عدد قليل من المورثات التي لا تتجاوز ألف مورثة، لكن هناك بعض الكائنات كالإنسان (الذي يعد من أرقى الكائنات الحية في سلم التطور) فهو يحوي في كل خلية من خلاياه ما يقارب مائة ألف مورثة. ومن المدهش أن بعض الزواحف (السلاماندر) يحوي في كل خلية من خلاياه ما يقارب ٣ ملايين مورثة، وبالتالي فإن المادة الوراثية في هذه الحيوانات أكثر تعقيدا من المادة الوراثية للإنسان، وهذا بالطبع لا يتماشى مع نظرية دارون التي تقول بأن تطور الكائنات الحية بدأ من البساطة إلى التعقيد



ولكن، وحسب المعطيات الوراثية، فإننا نرى أن السلاماندر الذي هو أدنى في سلم التطور من الإنسان يحوي جهازا معقدا من المادة الوراثية، ويبدو أيضا أن الفأر يحتوي على ذخيرة وراثية أكثر تعقيدا من الذخيرة الوراثية للإنسان.

المعلومات الوراثية الجديدة والغوص العميق في سر الحياة وتطورها

بمجرد إتمام مشروع قراءة الشفرة الوراثية سيصبح ممكنا الغوص بعيدا في أمور كثيرة كانت خافية علينا. إن اللغة التي كتبت بها الذخيرة الوراثية لكل كائن حي تبدو فيها الروعة والتناسق وفي الوقت نفسه تبدو، للوهلة الأولى، بأنها مكتوبة بطريقة بسيطة، لكن المختص بهذا النوع من الدراسات يرى أيضا أن فهم هذه اللغة الوراثية قد لا يكون سهل المنال في الوقت القريب. وبالرجوع إلى المعلومات المتوافرة الآن من هذا المشروع فإنه سيكون ممكنا العودة إلى الوراء آلافا كثيرة من السنين لقراءة التاريخ البشري، فمثلا سيكون من الممكن رسم خارطة جديدة لتطور البشرية ولحركتها خلال العصور السابقة، فمن المعروف أن العرب وخلال عصر الازدهار الإسلامي في زمن الأمويين قد فتحوا إسبانيا وأسسوا فيها دولة الأندلس وظلوا هناك مئات السنين، وقد امتزجوا مع أهل البلاد الأصليين فإذا أردنا مثلا معاينة وتحديد الأشخاص الذين يعيشون في إسبانيا الآن ومحاولة معرفة العائلات الأصلية التي انحدروا منها والتي تعيش الآن في بلاد الشام فإن ذلك ممكن بفضل النتائج التي جرى الحصول عليها من مشروع حل الشفرة الوراثية، وهكذا فسيكون ممكنا الإثبات بالدليل أنهم يحملون مورثات من أصل شامي، وكذلك فقد يصبح ممكنا تحديد العائلات الشامية التي انحدروا منها وهم من بني أمية. وكذلك فقد يكون من الممكن تحديد علاقة القربى بين بعض القبائل الأفريقية مع العرب وذلك بمقارنة مورثاتهم بمورثات أهل اليمن، وهكذا فإن المدعين بالانتساب إلى العروبة أو إلى أي جهة أخرى سيعرفون الجواب الشافي بمجرد تحليل بسيط لمورثاتهم حيث يمكن الحصول عليها من قطرة دم واحدة. وقد تسمح هذه الدراسات بتحديد مكان الإنسان الأول وربما أيضا الزمن الذي خلق فيه.

الشفرة الوراثية ومستقبل الطب

هل سيتحول حلم الإنسان إلى حقيقة بفضل الاكتشاف الجديد لتركيب وترتيب المادة الوراثية؟ وهل ستصبح ممكنة معالجة الأمراض المعروفة كلها بوساطة المورثات؟ قد تكون الإجابة عن هذا السؤال الصعب في وقتنا الحاضر جزئية والسبب أن المشكلة التي نطرحها تتميز بأشد درجات التعقيد.

لقد بات معروفا الآن أن معظم الأمراض التي تصيب الإنسان يعود سببها إلى خلل في عمل مورثة معينة، كما هي الحال في بعض أنواع سرطانات الدم، وفي أحيان أخرى تتعاون أكثر من مورثة لإحداث المرض، كما هي الحال في معظم حالات السرطان الأخرى. وقد أشارت معظم الدراسات إلى أنه يوجد على أقل تقدير ثمانون ألف مورثة عند الإنسان، وأن هذه المورثات يجب أن تكون سليمة ليكون الجسم معافى، وأن أي خلل يصيب أي مورثة قد يؤدي إلى نتائج مختلفة، فالخلل في إحداها قد يؤدي إلى الموت أما الخلل في مورثات أخرى فقد يؤدي إلى نتائج أقل خطورة كمرض السمنة وأمراض القلب والسكر، وعلى أي حال فإن عدد المورثات السليمة يجب ألا يقل عن ثمانين ألف مورثة حتى يكون الجسم معافى.

و يجب القول إن مخطط أو سلسلة حروف الشفرة الوراثية سيكون من الممكن تخزينها في قرص ممغنط واحد (CD-ROM)، وهكذا فإن الأسئلة التي سيوجهها أطباء المستقبل لمرضاهم لن تركز، كما هي الحال الآن، على الاسم والعمر وعن مكان وطبيعة الألم بل إنها ستتعلق بطبيعة المعلومات المتعلقة بمورثات المريض ومقارنتها مع المعلومات الموجودة على هذا القرص الممغنط، وبالتالي سيكون من السهل معرفة نوع المرض وطبيعته بمجرد تحليل بسيط لمورثة المريض ومقارنتها بالمعلومات الموجودة على القرص الممغنط، وسيتبين للطبيب المعالج ما إذا كانت مورثة المريض مصابة بأذى أو لا. والسؤال المحوري الآن: هو كيف سيتمكن العلماء من استبدال مورثة مصابة بمورثة سليمة؟ لقد حصل تطور كبير خلال السنوات العشر الماضية في التقنيات الجزيئية المتعلقة بتصليح المورثات المصابة بالخلل وقد تطور علم جديد يسمى علم المعالجة الوراثية أو طب المورثات (Gene Therapy or Gene Medicine): (انظر التعريف)، وجميع الجهود الآن تتركز على تطوير التقنيات المستخدمة في عمليات زرع المورثات السليمة

لتحل محل المورثات المعطلة، وهناك طرق أخرى يجري تطويرها الآن لإعادة الحياة للمورثات المصابة وذلك ما يسمى تقنيات إصلاح المورثات، وقد بدأت منذ زمن قريب محاولات كثيرة تتعلق ببعض الأمراض الوراثية التي تصيب الأطفال وقد تكلل قسم منها بالنجاح، وفي مجال معالجة السرطان فإن العلماء يعلقون آمالا كبيرة على استخدام تقنيات طب المورثات للقضاء على السرطان. ولا نعرف ما إذا تحققت طموحات العلماء في تحقيق ذلك أو لا في الزمن القريب، ولكن من الواضح أن حل الشفرة الوراثية قد يسهم إيجابا في تحقيق هذا الطموح بوقت أسرع وأن علم الطب الحديث سوف يقفز إلى الأمام بشكل لا يمكن توقعه.

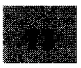




4 العصر الجينومي ومستقبل البشرية: وجهة نظر اختصاصية

إن ما نُشر في الخامس عشر من شهر فبراير من عام ٢٠٠١ عن الأحرف التي تكون الجينوم البشري لا يمكن اعتباره نسخة نهائية، أو ما يسمى النسخة المبيضة، ولكنه في واقع الأمر النسخة المسودة (Draft Sequence)، وهذا يعني أن ما نُشر يحتوي على كثير من الأخطاء الإملائية التي قد توجد في ملايين الأماكن، وهكذا فإن النسخة المتوافرة حاليا عن اللغة التي كتبت بها أحرف مورثاتنا لا تزال بدائية (في طورها البدائي)، وهذا يعني أن كثيرا من الأمور التي تتعلق بفسيولوجيا الإنسان، وطريقة تطوره ستبقى غامضة وغير مفهومة. وبعد سنتين من نشر المسودة الأولية لأحرف الجينوم، أُعلن في الرابع عشر من شهر أبريل ٢٠٠٣ (المرجع ١٦) الانتهاء كليا من معرفة وتحديد الأحرف التي تتكون منها مادة الحياة (الجينوم)، أي أنه خلال العامين الماضيين قد تم تحديد الـ ٣٪ الباقية من أحرف الجينوم. وفي جميع الأحوال يمكن القول إننا كنا شبه أميين خلال الفترات السابقة من

«لو استخدمنا العلم وغيّرنا في ملكات الإنسان العقلية أو الجسمية أو الاثنين معا، فهل سنحول الإنسان إلى كائن أكثر إنسانية من الإنسان الذي عرفه العالم؟».
المؤلف



تاريخنا الطويل، ولكننا تعلمنا قراءة لغة جديدة مؤلفة. وعموما يمكن القول إننا كنا أميين خلال المراحل السابقة من تاريخنا الطويل، بيد أننا بعد الخامس عشر من شهر فبراير من عام ٢٠٠١ تعلمنا قراءة لغة جديدة مؤلفة من الأحرف الأبجدية التي تتكون منها عناصر مورثاتنا، وأود التركيز هنا على أننا تعلمنا القراءة فقط من دون أن نفهم معنى هذه اللغة بوضوح كما نفهم بعض اللغات الأخرى، ويمكننا هنا أن نتصور الحال بالنسبة إلى اللغة الجينومية، فلعلها تشبه حال ذلك الشخص الذي أراد تعلم لغة أجنبية بالنسبة إليه، فتعلم شكل الحروف التي تتكون منها تلك اللغة والطريقة التي تترتب فيها هذه الحروف وحسب، من دون معرفة معاني الكلمات. فتخيل نفسك حين بدأت بتعلم الإنجليزية، ففي الأسبوع الأول تعلمت قراءة الحروف الستة والعشرين، وفي اليوم الثامن قدمت لك موسوعة مؤلفة من أكثر من ثلاثة مليارات حرف وطلب منك شرحها. فحال العلماء ليست بأفضل من حالك في ذلك اليوم، فإن كل ما ستعرفه بالنسبة اللغة الجينومية هو قراءة الأحرف التي - كما ذكرت آنفا - تحتوي على بعض الأخطاء النحوية أو الإملائية، التي يعود سببها لعجز في التقنيات التي نستخدمها في عملية القراءة، ويمكن أن نرد ذلك أيضا إلى أن اللغة التي كتبت بها الجينوم تتصف بالصعوبة والتعقيد البالغ. ويمكن تشبيه معرفتنا للغة الجينومية بالمثال الآتي: إن أي طائرة ضخمة تحتوي على عدد هائل من القطع المركبة الواحدة بالأخرى وقد يصل عددها إلى مئات الآلاف من القطع، فمجرد معرفتنا لأسماء القطع لا يعني بالضرورة أننا نعرف كيف تركب (تجمع) مع بعضها البعض، ليتاح لهذه الطائرة الطيران في عنان السماء، وقطع المسافات الشاسعة والهبوط بأمان على مدرج المطار. ونحن، أيضا، نعرف الآن معظم أسماء الجينات التي يتكون منها الجينوم البشري، ولكننا لا نعرف، بالضبط، كيف يتحكم الجينوم بحياة الخلية وموتها، إذ لا نعرف بالضبط كيف تموت بعض الخلايا في الدماغ دون سواها، ليصاب الإنسان بما يسمى داء الزهايمر Alzheimer، كما لا نعرف بالضبط كيف تموت بعض خلايا جزر لانجرهانس في البنكرياس المتخصصة بصنع هرمون الأنسولين الذي يؤدي نقصه إلى إصابة الإنسان بداء السكري، كما لا نعرف بالضبط لماذا تنقسم بعض الخلايا في ثدي المرأة دون توقف لتصاب المرأة بسرطان الثدي. ويجب القول إن التقدم العلمي والتقني الذي

حدث في نهاية القرن العشرين قد فاق حدود التصور، خاصة إذا ما قورن بتطور العلوم الأخرى كالفيزياء والكيمياء أو الرياضيات، بما في ذلك علوم الحاسوب.

يقول العالم David Baltimore الحائز على جائزة نوبل في الطب والفسيولوجيا لعام ١٩٧٥، وهو يعمل حاليا في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، في معرض تعليقه على نشر أحرف الجينوم البشري (المرجع ١٧): «لقد رأيت خلال الأربعين سنة الماضية من عمري بعض الاكتشافات المثيرة والرائعة، إلا أنني شعرت بقشعريرة غريبة تهز جسدي عندما قرأت لأول مرة المقالة التي تصف مخطط الجينوم البشري، وللعلم فإن تلك المقالة لم تجب عن بعض الأسئلة الحساسة التي يطرحها العلماء، ولكن، مع كل ذلك فإنها فتحت المجال أمام تطوير فروع جديدة لعلم الوراثة، ومنها العلم الذي سيركز على دراسة بنية الجينوم بشكل مفصل، ونقصد هنا علم الجينوميكس Genomics (انظر التعريف) الذي يختص باستنساخ جميع المورثات التي تكون الجينوم لدراسة تركيبها وطريقة عملها، وعلم آخر يسمى بروتيوميكس Proteomics، وهو العلم الذي يدرس وظائف البروتينات الناتجة من الجينوم (Proteom) وطريقة تفاعلها معا (انظر التعاريف).

ويعتقد العلماء أن هذا التقدم الهائل سيكون له، بالإضافة إلى الجانب الإيجابي المتعلق بمستقبل الطب، جوانب سلبية. ومن الجوانب الإيجابية أن نتمكن من تحديد الجينات المسؤولة عن الأمراض التي تصيب الإنسان، وإمكان إجراء ما يسمى بالجراحة الجينية لتصليح المورثات المعطوبة أو لاستبدال مورثات سليمة بها، على أن يتم هذا التصليح في الخلايا الجسدية من دون المساس بالخلايا التكاثرية. ويمكن أيضا تطوير ما يسمى بالهندسة النسيجية التي تتمثل بإنتاج أنواع كبيرة من النسج الخلوية عن طريق خلايا المنشأ ليتم استخدامها بعمليات زرع الأعضاء حين الحاجة إليها، ومن النواحي الإيجابية لحل الشفرة الوراثية هو أن يصل العلماء إلى فهم التاريخ التطوري للإنسان. أما الجوانب السلبية فتتمثل في إمكان تغيير الطبيعة الجينومية لبعض الكائنات الحية ومنها الإنسان. ولأن نتيجة التغيير غير معروفة، خاصة فيما يتعلق بنتائج اللعب في جينومات الخلايا التكاثرية (الأعراس)، فإن ذلك قد يحمل أخطارا واسعة على المستقبل البشري. وموت

النعجة دوللي وشيخوختها المبكرة، التي صنعت بطرق الاستنساخ يطرح أسئلة كبيرة عن جدوى التقنيات الحديثة وعن الفائدة المنتظرة منها على الإنسان.

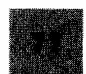
يركز العلماء على فهم الآلية أو السبب الذي يجعل الإنسان من أكثر الكائنات الحية رقيا وتعقيدا في سلم التطور، ومن الواضح أن اكتشاف تركيب الجينوم عند الإنسان بالإضافة إلى جينوم بعض الكائنات الأخرى كالخميرة ـ وهي كائن حي وحيد الخلية ـ أو ذبابة الخل ـ وهي كائن حي من اللافقاريات ـ والدودة الصغيرة المسماة (نيماتود) التي تحتوي عددا لا يزيد على ألف خلية لم يزد الأمر إلا تعقيدا، فعدد الجينات بحسب آخر التقديرات يتراوح بين ٢٢٠٠٠ و ٢٦٠٠٠ مورثة مقارنة بـ ٦٠٠٠ مورثة في خلية الخميرة و ١٣٠٠٠ مورثة في دودة الخل و ١٨٠٠٠ مورثة لدى دودة (النيماتود) وما يقارب ٢٦٠٠٠ مورثة في أحد أنواع النباتات. ولذلك فإن بعض العلماء، يعتقد أن عدد الجينات عند الإنسان قد يتجاوز العدد المعلن. ذلك أن بعض الجينات البشرية قد تصعب رؤيتها (حسب الطرق المتوافرة حاليا) وهي لا تزال تنتظر الاكتشاف. ولكن، وفي صفوة القول يبدو واضحا أن حصول الإنسان على هذه الدرجة السامية من الرقي في السلم التطوري لا يمكن شرحه بأي شكل من الأشكال ـ فيما بدا لي ـ بعدد الجينات التي يحتويها الإنسان مقارنة بالكائنات الحية الأخرى. ويبقى هذا الأمر ـ الآن على الأقل ـ غامضا للعلم، وهو الذي يميز الإنسان عن غيره من الكائنات الحية حتى يكون إنسانا (!) على الرغم من أن عدد وطبيعة جيناته لا يختلفان كثيرا عنهما في الحيوانات الأخرى. وهكذا يبقى هذا السؤال مشرعا أمام العلماء...! ومما يمكن قوله أن مشروع الجينوم البشري، وقراءة حروف مورثات الإنسان لم يساعد العلماء على فهم اللغز الذي يجعل من الإنسان إنسانا بما يميزه من صفات وقدرات خلاقة لا تشابه تلك الموجودة عند معظم الكائنات الحية الأخرى. ويحاول العلماء الآن فهم أصل مورثاتنا وما مصدرها الأساسي وكيف تشكلت. وقد اكتُشفت حديثا إحدى المورثات التي قد تكون مسؤولة عن إنسانية الإنسان، أي تلك المورثة التي يتميز بها عن الحيوانات الأخرى وهذه المورثة تدعى Tre 2 والتي اكتشفها العالم Daniel Harber وقد عُرفت هذه الجينة نتيجة لتحليل مقارن لشفرة الإنسان مع شفرة الحيوانات القريبة تطوريا من الإنسان، ويعتقد العلماء أن غياب هذه المورثة عند الإنسان هو الذي سمح بوجودنا (انظر الشكل ١٠).

لو كتبت الخريطة الوراثية لأحد الأشخاص على الكمبيوتر لاحتاجت إلى ما يعادل ٧٥٠ ميغابايت، وهكذا فمن المتوقع، خلال فترة العشرين سنة القادمة، أن تطلب الدول من سكانها إخراج ما يسمى «الكرت الجينومي الشخصي» الذي يوضع على كرت مرن للكمبيوتر أو كرت ممغنط يشابه بطاقة الائتمان التي يعطيها البنك لزبائنه ليحل محل البطاقة الشخصية أو جواز السفر الذي نحمله. ويمكن الحصول على هذا الكرت الشخصي بطريقة سهلة حيث يحتاج الأطباء إلى قطرات قليلة من الدم لعمل ما يسمى بالكرت الجيني، حيث تتم قراءة مناطق معينة من جينوم الشخص وبالتالي وضعها على بنك معلومات خاص، على أن يهيئ نسخة من هذه المعلومات المقروءة لصاحب العلاقة ليحملها معه وليقدمها في البنوك والسفارات ومراكز الحدود، وهذه المعلومات ستحمل الحروف المتسلسلة التي كتبت بها المادة الوراثية للشخص، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الحروف ستشكل نسخة وحيدة لا مثيل لها لدى الآخرين من أبناء البشر الذين يقدرون بالمليارات. وبهذا سننتهي من مشكلة تشابه الأسماءَ التي يتعرض لها بعضهم في مراكز الحدود وبعض دوائر الدولة التي تهتم بملفات ومراقبة من تريد ملاحقتهم. ولعل هذه الطريقة ستجعل عمليات التزوير مستحيلة.

ما الذي يجعل منا بشرا ؟! لكي نجيب عن هذا السؤال فإن علماء الجينوم لا بد أن يقوموا بدراسة مقارنة لبنية الجينوم البشري مع بنية الجينوم للكائنات الحية الأخرى التي ذكرنا سابقا أنه قد حصلنا على بعضها، وثمة أسئلة كثيرة يمكن أن نطرحها لمحاولة فهم وتحليل ما يمكن أن يميز الإنسان في بنيته الوراثية عن باقي الكائنات الحية الأخرى، ولعل من أهم هذه الأسئلة:

ما الشيء الذي نتميز به دون سوانا من الكائنات الحية؟
وكيف نتمايز فيما بيننا نحن البشر؟
ما الذي يميز جينوم الإنسان عن جينوم الفأرة مثلا؟
ما الذي يميزنا عن القرود؟ هل نفضلهم ؟ بم؟!
أين ومتى بدأ الإنسان حياته؟

من النتائج التي حصلنا عليها من مشروع الجينوم البشري يبدو واضحا أن البشر يتطابقون وراثيا فيما يعادل ٩٩,٩ ٪، أي أن نقط التشابه بين أي فردين تكون ٩٩,٩ ٪ ونقاط الاختلاف هي ٠,١ ٪ فقط، وهذا يعني: أن هذه النسبة

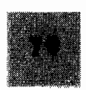


البسيطة في الاختلاف بالأحرف التي تشكل مادة الـ «د. ن. أ» هي التي تؤمن وتسبب التنوع الكبير في جماعات وأفراد الجنس البشري، ولكن التشابه الكبير بين مورثات الجنس الواحد، على الرغم من الاختلاف في الشكل الظاهري الذي يبديه أفراد هذه الجماعات يطرح تساؤلا ملحا حول الدور الذي تلعبه الجينوم في تكوين الشكل الظاهري، بما في ذلك تكوين الشخصية التي قد تميز كل فرد من أفراد الجنس البشري، وهذا يشير إلى أن الجينوم وحدها قد لا تكون وراء محددات الشخصية للفرد، وهكذا فثمة من يقول إن معرفتنا للجينوم البشري معرفة تامة قد لا تؤدي إلى فهم كل شيء عن حقيقة الإنسان وعن الطريقة التي خلق بها. وثمة مسألة أخرى تسهم في التقليل من أهمية الجينوم في تكوين الشخصية، وهي التشابه الكبير في جينوم الإنسان والشمبانزي، فقد يفوق هذا التشابه نسبة ٩٩,٨ ٪، ولكن وعلى الرغم من هذا التشابه، فإننا لا نستطيع تجاهل الاختلاف الموجود بين شخصية القرد والشخصية التي يمتاز بها الإنسان. وبعد الإنجاز الكامل لفك الشفرة الوراثية لكل من الإنسان والشمبانزي ستكون المرحلة القادمة التي سيوليها الباحثون اهتمامهم هي: ماهية الاختلاف الحقيقي في الجينوم البشري الذي يسمو بالجنس البشري إلى هذا الحد من التطور والرقي، خاصة بالنسبة إلى الطريقة التي يتكون منها الدماغ البشري - على نحو مثير للدهشة - عن الشمبانزي وعن بقية الكائنات الحية الأخرى. وقد يبدو أن الطريق في هذا المجال لفهم الأسباب الوراثية التي تميزنا عن الشمبانزي سيكون طويلا وشاقا، ولكننا نؤكد أن فهم الجينوم فهما تاما لكلا النوعين قد لا يسمح بكشف الغموض حول هذه المسألة، ولربما يتعين على الإنسان أن ينتظر قرونا كثيرة ليصل إلى تبين الصواب في هذه المسألة، وقد يتوصل في نهاية المطاف إلى جواب غير شاف لنهمه المعرفي، وقد يصل في النهاية إلى جواب غير مرض.

الجينات والرياضة

يخشى بعضهم، أن أول من سيستخدم طرق المعالجة الوراثية هم الرياضيون، لا المرضى الحقيقيون، حيث هم في أمس الحاجة إلى مثل تلك المعالجة، فهناك مثلا مرض تصلب الشرايين للأطراف Peripheral Atherosclerotic Disease المتمثل بتقلص وانكماش الأوعية الدموية التي تغذي

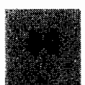
الأطراف العلوية والسفلية في الجسم، وهذا المرض (الداء) يؤدي، أحيانا، إلى فقدان الأطراف المصابة، ويحاول الأطباء استخدام طرائق المعالجة الوراثية لمكافحة هذا المرض، وتقوم هذه المعالجة على إدخال نسخة سليمة من مورثة VEGF إلى الأوعية الدموية للأطراف لتحل محل النسخة المعطلة، ويستخدم نوعا خاصا من الفيروسات لنقل المورثة السليمة بشكل موجه إلى الأوعية الدموية في الأرجل أو الأيدي المصابة، وبهذا تقوم المورثة السليمة بتوسيع الأوعية الدموية. ويخشى الأطباء أن يستخدم الرياضيون هذه التقنيات الحديثة لتحسين أدائهم في الركض وغيره من أنواع الرياضات الأخرى التي توسع أوعيتهم الدموية وتجدر الإشارة هنا إلى أن كشف عملية الغش هذه لن تكون ممكنة، حيث إن المورثة السليمة التي يجري إدخالها إلى الأوعية الدموية طبيعية، وكل واحد منا يحتوي مثيلتها. في عام ١٩٩٨، خلال الموسم السنوي لسباق الدراجات العادية في فرنسا، استبعد فريق كامل من المسابقة بسبب تناول أعضائه مادة كيميائية هي الهرمون .E.P.O الذي يؤدي إلى ازدياد عدد خلايا الكريات الحمراء، الأمر الذي يمكنها من حمل كمية كبرى من الأوكسجين الذي يحتاج إليه الجسم، خاصة في أثناء التمرينات الرياضية. وكنتيجة للتطور في التقنيات الوراثية فقد يغدو ممكنا لهؤلاء الرياضيين أن يستخدموا المورثة نفسها التي تكون مسؤولة عن صنع ذلك الهرمون ـ الذي سيستحيل الغش فيه ـ لأن كل البشر يمتلكون المورثة نفسها ولا يمكن بأي وسيلة من الوسائل ـ على الأرجح ـ الكشف عن المورثة المزروعة أو تجريم الرياضيين بعملية الغش، وهناك عدد كبير من التغيرات التي يمكن إدخالها إلى أجسام الرياضيين، ويكون هدفها تحسين وزيادة قدرة وكفاءة الأداء الجسماني. ويعتقد أن دورة الألعاب الأولمبية في بكين عام ٢٠٠٨ ستشكل نقطة البداية في إدخال التحسينات الوراثية على الرياضيين. ولذلك فقد بدأت اللجنة المنظمة للألعاب الأولمبية بتشكيل اللجان العلمية المختصة، لوضع التوصيات الخاصة، ولدراسة هذه المسألة الشائكة من جميع جوانبها. ويبدو أن اللجنة الأولمبية التي كانت تعتمد خلال السنوات الماضية لكشف الغش في استخدام المواد الكيميائية المحظورة على أبرع علماء الكيمياء، تبحث الآن عن أقدر الخبراء في مجال الـ «د. ن. أ » وتعد هذه نقطة الانعطاف من حيز الكيمياء إلى حيز البيولوجيا، ولا ندري إذا كان هناك من سيعثر على حل



لهذه الأمور التي تطفو على الوجه ملحة في السؤال نتيجة لتطور التقنيات الحيوية وتأثيرها في سيرورة حياة الرياضيين، بل في حياة جل شرائح المجتمع الأخرى، كالسائقين، والطيارين، وغيرهم كثير.

تغيير ملكات بني البشر... إلى أي حد سنبقى بشرا؟

يبدو واضحا أن التقدم الكبير الذي يطرأ على مسار العلوم، خاصة في مجال التقنيات الحيوية وتطبيقاتها على الإنسان، يطرح تساؤلات مهمة تتعلق بحقيقة المستقبل البشري، ومن أهم هذه الأسئلة السؤال المتعلق بما إذا كنا سنرضى بالصفات الحالية التي تميز بني الإنسان، أو بما إذا كان هناك رغبة بتغيير أو تحسين وتطوير الصفات والملكات التي يتمتع بها الجنس البشري (الصفات الجسمية والصفات العقلية)، حيث يجري الآن الحديث عما يسمى الإنسان العظيم أو الإنسان الخارق أو Superhuman (المرجع ١٨)، ولتوضيح هذا السؤال الفلسفي بشكل أفضل نشير إلى أن الصفات البشرية قد تكون في تغير مع تقدم الزمن دون أن نحس بذلك بشكل ملموس، لأن هذا التغير يحدث ببطء وكمثال على ذلك فإن مرض الجدري، مثلا، ظل لفترة طويلة يعد جزءا من الصفات التي يتميز بها البشر، أما الآن فإن هذا المرض لم يعد من الصفات التي ترافق البشر، وقد تم استئصاله من أفراد الجنس البشري بفضل العلم، إذا أخذنا صفة الطول فإن طول اليابانيين قد ازداد بضعة سنتيمترات خلال القرون الماضية، وهذا يعود إلى الاصطفاء الذي يسود المجتمع لبعض الصفات، وإذا أردت أن تدرس عدد الناس الذين يتمتعون بلون البشرة المائل للبياض في المجتمع الخليجي على سبيل المثال، فإنك ستجد أن نسبتهم قد ازدادت مقارنة بنسبتهم التي سادت في القرن الماضي، وهذا يجرنا إلى الحديث عن إمكان تحسين الصفات الجسمية أو العقلية التي تميز العرق البشري. ولنعلم أن بوادر قدرة العلم حاليا على القيام بذلك لا يشوبها أي شك، فالعلم قد خطا خطوات جبارة في هذا المجال، والمراد قوله أن فرص التغيير متوافرة اليوم أكثر من أي وقت مضى في القدرة على التغيير الجذري للصفات البشرية، والسؤال المطروح هو: لو استخدمنا العلم وغيرنا في ملكات الإنسان العقلية أو الجسمية أو الاثنين معا، فهل سنحول الإنسان إلى كائن أكثر إنسانية من الإنسان الذي عرفه العالم؟ أم أن ذلك الإنسان المعدل أو



المحسن سيكون أقل إنسانية من الإنسان الذي عرفته هذه الأرض منذ وجودها؟ وقد نسأل سؤالا آخر عما إذا عرفت هذه الأرض أناسا آخرين كانوا يتمتعون بصفات أقوى. وتجول في خاطري القصة الرائعة التي سردها علينا القرآن الكريم حول أهل الكهف الذين استطاعوا النوم لفترة متواصلة بلغت مئات السنين، ويأتي في ذلك قول الله تعالى، في سورة الكهف ﴿ولبثوا في كهفهم ثلاثمائة سنين وازدادوا تسعا﴾. وقد يتساءل المرء عن طبيعة المادة الوراثية وصفات خلاياهم التي مكنتهم من البقاء أحياء طوال هذه الفترة الطويلة من الزمن. ويأتي العلم الآن في القرن الحادي والعشرين ليخبرنا عن إمكان تغيير الصفات التي يتمتع بها الإنسان، كأن يتصور أن يمتلك الإنسان، مثلا، القدرة على النوم الطويل وهي طبعا صفة غير ممكنة الآن، من حيث إن الصفات التي يمتلكها إنسان اليوم تمكنه من النوم ليوم أو يومين بشكل متواصل وإلا فإن الإنسان سيستيقظ ليشرب الماء وليرى النور.

ويدور الآن في العالم الغربي حوار واسع حول مفهوم الصفات التي يجب تحسينها لدى إنسان المستقبل، فالجميع متفقون على استئصال الصفات المتعلقة بالأمراض، ومن هنا فهم متفقون على استخدام الطرق الممكنة كافة (لا سيما الطرق المتعلقة بالهندسة الوراثية)، لاستئصال مرض السرطان بأنواعه كافة، وينشب الخلاف في الرأي حين يكون المقصود هو التغيير الوراثي، وذلك بهدف تحسين أداء الجنس البشري الذي يتجلى بتغيير أدائه الجسماني أو العقلي، ويعتقد بعضهم أن هذه التحولات ستؤدي في حالة حدوثها إلى تحول الجنس البشري إلى جنس يكون أقل إنسانية من الإنسان الحالي (المرجع ١٩)، حيث يرى أن الحياة غير الإنسانية التي ستحل محل الحياة الإنسانية الحالية ستكون أكثر قوة واستعلاء. ويرى Paul Ramsey (المرجع ٢٠) أن استخدام التقنيات الحيوية المتوافرة حاليا، بهدف تطوير أو تحسين الجنس البشري، سيؤدي إلى خاتمة محزنة للجنس البشري قد تنتهي بانتحاره الإرادي، وهو يعتقد أن التغيير سيؤدي إلى التأثير في التوازن بين الروح والعقل، وهو يذهب إلى هذا النوع من التوازن يوجد في طبيعة الإنسان الحالي، وهو يرى أن أي محاولة لتغيير ذلك التوازن الحساس الذي خلقنا عليه يمثل اعتداء سافرا على حرية الإنسان وكرامته، وهو يرى أيضا أن الإنسان لن يكون حكيما بما يكفي لاستثمار جل معارفه في الطريق

الصحيحة، خاصة حين يتعلق هذا الأمر بتغيير صفاته الجسدية، أي أنه يريد أن يقول إنه لا توجد حدود لأطماع الإنسان، وخاصة إذا توافرت لديه كل الإمكانات لتحقيق ذلك الطمع، وهكذا فإننا نرى أن معظم مجموعة المعارضين للتغيير يراودهم الخوف (وقد يكونون محقين) من أن عملية التغيير نفسها ستؤدي إلى القضاء على كل الوجود المادي للإنسان ، والحقيقة إنني على الرغم من عدم اطلاعي على أي رأي فقهي إسلامي بشأن عملية التحسين البشري أعتقد أن موقف الإسلام سيكون مع هذه المجموعة المعارضة، حيث سيضع قيودا على ذلك، مستدلا بما ورد في القرآن والسنة عن تصور الإسلام لمستقبل الجنس البشري، ودوره في هذه الحياة، ولهذا فأنا أتوقع أن باب النقاش، ولا ريب، سيفتح على الساحة الإسلامية، خاصة في ظل التطورات التي يشهدها علم الوراثة.

ويبدو أن مجموعة المعارضة لآراء Ramsey وKass انخرط فيها عدد كبير من المفكرين في العالم الغربي، وهم يدعمون بقوةٍ عمليات تحسين العرق البشري ومنهم James C. Peterson (المرجع ٢١)، حيث يقول إن عملية التطور في قدرات الجنس البشري مستمرة، شئنا أم أبينا، وإن تحسين قدرات الإنسان الراهن ليكون أكثر قوة في عقله وجسده سوف يجعله أكثر إنسانية من الإنسان الحالي. أما بالنسبة إلى جيمس جوستافسون James M. Gustafson (المرجعان ٢٢ و٢٣) فإنه يرى أن الجنس البشري فيه نوع من الديناميكية والقدرة على التطور والارتقاء بقدراته الفيزيائية سواء على المستوى العقلي أو الجسماني، وهو يعتقد أن إدخال بعض التحسينات المادية على مستوى الجنس البشري هو جزء لا يتجزأ من طبيعة الإنسان المبدعة والخلاقة، ويعد قيام الإنسان بتحسين صفاته بنفسه ما هو إلا نوع من الإبداع الذاتي، ولكنه يدعي أن هذه التحسينات التي يجب إدخالها على العرق البشري يجب أن تكون واضحة المعالم، وذات حدود معينة، على ألا تهدد في أي حال من الأحوال الوجود الإنساني، وهو يرى أن التغيرات الجينية للعرق البشري يجب ألا تتجاوز هذه الحدود، وهنا تبرز المعضلة الكبرى، وهي في تعريف الحدود التي لا ينبغي تجاوزها.

العالم Donald MacKay (المرجع ٢٤) يوافق ويؤيد آراء جوستافسون حول وجوب عملية التغيير وحتميتها، ولكنه يرى أن هذه التغيرات تعود إلى الله الذي خلق هذا الكون بما فيه الجنس البشري بشكل ناقص وغير نهائي، وأن

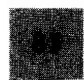
عملية الإكمال مستمرة، وهو يعتقد أن دور الإنسان يكمن في تنفيذ إرادة الله لإكمال خلق الكون، ويعتقد أن عملية تطوير الإنسان وتحسينه هي ضرورة ملحة لكي تستمر الحياة، وبالتالي لكي يستمر العالم في البقاء، ويؤكد ذلك أيضا جيمس بيترسون (المرجع ٢١) بقوله: من دون شك أو تردد، فإن الأطباء يتدخلون لإصلاح العاهات التي تنتقل إلينا عن طريق الوراثة، فعندما يولد طفل يعاني شقا في شفته، فسرعان ما يلجأ الأطباء إلى العمل الجراحي لإصلاح الشفة حتى يتمكن ذلك الطفل من الأكل والتكلم بسهولة، وعندما يولد طفل آخر ونعرف أنه يحمل خللا في مورثة من المورثات السرطانية (Retinoblastoma gene)، أي التي تسبب سرطانا في عين ذلك الطفل فإن الأطباء، من دون تردد، ينبهون الأهل ويبدأون بالعلاج المتوافر لمنع السرطان من الظهور، وفي جميع الأحوال ينبغي القول: إن النتائج التجريبية على الحيوانات من أجل تحسين نسلها لم تنجح قط، وفي كثير من الحالات باءت بفشل ذريع (المرجع ٢٥).

وهكذا، فإننا نجد أن التطور الهائل في علوم وتكنولوجيا المورثات يبرز ثلاث مسائل ويضعها على سلم أولويات المواضيع المطروحة وهي:

١) موضوع معالجة جميع الأمراض والعاهات الوراثية، الذي سيكون ممكنا في المستقبل القريب بفضل التطور التقني، وهذا يعني أن نتصور أن المجتمع الإنساني سيتحول إلى مجتمع خال من الأمراض (Disease Free) وهذا الأمر - فيما أعتقد - سيؤيد من جميع المجتمعات على اختلاف أعراقها ودياناتها، فلا يمكن أن نتصور أن هناك من سيقف، ويقول إنه ليس لنا الحق في معالجة هذه الأمراض، ولكن ماذا سيكون الرأي الفلسفي في مجتمع خال من الأمراض، خاصة فيما يتعلق بشكل ذلك المجتمع؟ وهنا لم أجد رأيا ما لأي مفكر إسلامي، بشأن ذلك التصور، على الرغم من أن المجتمع الغربي قد بدأ يتهيأ لهذا الإمكان المحتمل.

٢) موضوع التعريف والتحديد الدقيق للمرض الوراثي الذي يجب تصحيحه، فهذا الأمر لم يتضح بشكل واف، وهذا يجرنا إلى المسألة الثالثة والمهمة:

٣) موضوع تحسين، وتطوير العرق البشري، باستخدام الطرق العلمية (Human Enhancement) فهل لون الجلد أو لون العيون أو طول القامة، سيعد عند بعض الناس من الأمور التي يجب التحكم بها وتغييرها بشكل شخصي،



لأنها في نظرهم تعد من العيوب، وهذا ينطبق على أمور كثيرة كاختيار المواصفات التي يجب أن يتميز بها الإنسان بلا حدود معينة، ولك أن تطلق العنان لخيالك في هذا المضمار، كالإمكانات العقلية والجسدية. وهنا، كما ذكرنا سابقا، يحتدم جدل واسع في المجتمع الغربي، حول الحق في استخدام التقنيات العلمية المتوافرة لتحقيق هذا الهدف، وأنا أعتقد أن النتيجة ستكون لمصلحة الفريق الذي ينادي بالسماح بحصول تلك التغييرات، ولو أن ذلك سيأخذ بعض الوقت. أما في المجتمع الإسلامي فإن موضوع النقاش لم يفتح بعد، بشكل صريح وموضوعي حول هذه القضية، حيث يشوبه الخلط وعدم الدراية بموضوع الاستنساخ البشري، وهذا سيقودنا إلى الحديث عن موضوع استنساخ الإنسان في الأجزاء التالية.



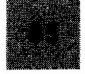
5 التشخيص الجيني وتأثيره في الفرد والمجتمع

أسئلة تنتظر الإجابة

يقصد بالتشخيص الجيني أن يذهب أحد الأشخاص إلى الطبيب بسبب معاناته من مرض ما، وحين يشك الطبيب في أن المرض قد يرجع إلى خلل وراثي ما، فإنه سيطلب وقتئذ من المريض القيام بتحليل بعض مورثاته، ويجري ذلك باستخدام طرق معينة لقراءة الحروف والكلمات التي تتكون منها جينات المريض ليتأكد الطبيب من صحة تسلسل حروف هاتيك المورثات، ولاكتشاف الخلل (الغلط) في حروف كتابتها. ووجود الخلل قد يكون هو المسبب للمرض، فالحروف التي كتبت بها مورثاتنا يجب أن تكون صحيحة ومجرد الزيادة (إدخال حرف جديد)، أو النقص (حذف أحد الحروف الموجودة أصلا) أو التغيير (تبديل بحرف آخر)، ولو لحرف واحد بطريق الخطأ، في ثلاثة المليارات حرف ونيف التي تتكون منها المادة الوراثية قد يؤدي إلى قتل الإنسان. وهكذا فإن نتيجة التشخيص الجيني ستسمح للطبيب بالاطلاع

«إن الطبيب باطلاعه على صفحة المريض الجينية سيكون قد اطلع على المعلومات الجينية لكل الأشخاص الآخرين الذين يتصلون بعلاقة قربى مع المريض».

المؤلف



على أسرار خاصة ومهمة عن المريض، والتي تعني الشيء الكثير، ليس فقط بالنسبة إليه وإنما، وكما سنرى لاحقا، بالنسبة إلى عائلته وأقربائه، وخاصة مخافة أن تذاع هذه الأسرار الخاصة بعائلة المريض.

بفضل التقدم في التقنيات الوراثية، فقد أصبح ممكنا قيام المختص عن طريق هذه التقنيات بالتشخيص الجيني، أو قراءة ما يريد من صفحات الكتاب الذي تتألف منه الذخيرة الوراثية Genome (انظر التعريف) التي تميز وبشكل فريد كل شخص على حدة، ويمكن القيام بعملية التشخيص الجيني (أو قراءة اللغة التي كتبت بها معلوماتنا الوراثية) لكل شخص في مراحل مختلفة منذ بدء حياته إلى نهايتها، أو حتى في مرحلة ما بعد الموت بزمن طويل، فيمكن أن نقوم بذلك قبل عملية الولادة أي خلال مراحل الحمل (Prenatal Diagnosis) كما يمكن أن نقوم بها بعد الولادة (Postnatal Diagnosis) أو حتى بعد الموت لتحليل مادة الـ «د. ن. أ» التي تمتاز بالقدرة على تحمل الظروف الصعبة من دون أن تتخرب أو تفسد، ويتحقق ذلك باستخدام طريقة دقيقة تسمى سلسلة الـ «د. ن. أ» أو DNA sequencing (قراءة الرموز التي تكون المادة الوراثية)، وهي طريقة بسيطة تستغرق ساعات قليلة، تنتهي بالحصول على الأحرف التي تتألف منها إحدى صفحات الموسوعة الضخمة التي تتكون منها ذخيرتنا الوراثية، و يمكن لهذه الصفحة أن تُمَيِّز شخصا ما عن مليارات الأشخاص الآخرين. وسنتحدث في هذا الجزء من الكتاب عن التطور المدهش الذي يتبلور الآن في هذا المجال، و سنركز بخاصة على الفوائد المأمولة من التشخيص الوراثي بالإضافة إلى الجوانب التي تتعلق بحقوق الفرد، وكرامته في داخل المجتمع وما سيترتب على ذلك من آثار حين تتحول المعلومات الوراثية التي تميز كل فرد وتمثل سر حياته إلى معلومات يستطيع أشخاص آخرون الاطلاع عليها. وحقيقة الأمر أن الاطلاع على المعلومات الوراثية للفرد من قبل عائلته أو جيرانه أو محيطه الاجتماعي بشكل عام سيخلف أثرا كبيرا في علاقة ذلك الفرد بهم، حيث إن المطلع على هذه المعلومات سيتعرف على نقاط القوة والضعف الكامنة في ذلك الشخص. فتصوّر، على سبيل المثال، أنك مصاب بمرض وراثي وهو لا يظهر واضحا على جسدك أو من خلال تصرفاتك وأنت ترغب أن يبقى هذا الأمر (المرض المخفي) سرا دفينا من أسرارك (ولك الحق في ذلك)، ولكن من

يطلع على اللغة التي كتبت بها المورثة المسؤولة عن المرض فسيكتشف يقينيا وبدون أي لبس، مرضك الذي تحاول إخفاءه عندئذ، وهنا يجدر بك الاستعداد لمجابهة كل التبعات كنتيجة لنشر هذا النوع من الأسرار، وقد تكون أنت نفسك لا ترغب بمعرفة ذلك مسبقا، ولنضرب مثلا على ذلك مرض هونتينغتن (Huntington syndrome)، فهذا المرض العصبي الذي يصيب الدماغ لا يظهر على الشخص إلا في سن الأربعين أو بعد هذا السن من العمر، أما قبل ذلك فإن المصاب بالمرض لا يظهر عليه أي شيء من أعراض هذا المرض المعروفة، ويعيش الإنسان حياة سعيدة لا تختلف عن حياة أي شخص آخر. ويبدأ المريض بالإحساس بعدم التوازن في الحركة وبعض الهيجان اللاإرادي (excitation)بالإضافة إلى الهلوسة والهذيان (hallucination)، وتكون للمرض نتائج وخيمة تؤدي إلى الموت خلال فترة خمس إلى عشر سنوات بعد ظهور أعراض المرض (في الغرب يموت بعض هؤلاء المرضى بالانتحار غالبا). وينتقل هذا المرض بطريقة سائدة (Autosomal Dominant)؛ أي أن المرض ينتقل حين يكون أحد الأبوين حاملا للمرض، ويصيب كلا الجنسين. وتعد الطفرة التي يصاب بها الإنسان من الطفرات الديناميكية، بمعنى أنه قد تحصل على الطفرة المسببة للمرض دون أن تظهر أعراض المرض على أي من الوالدين ويعد، في هذه الحالة، أحد الوالدين ناقلا للمرض أو ناقلا للطفرة (Carrier) ولكن دون أن يصاب به هو، لكن الأجيال الأخرى من بعده ستصاب بالمرض فعليا (Affected). والجدير بالذكر أنه لا يوجد أي نوع من العلاج لهذا المرض، والسؤال الذي يطرح نفسه هنا: ما فائدة أن يعلم الطبيب مريضه أنه مصاب بمثل هذا المرض؟ ولذلك فإن توافر إمكان التشخيص المبكر لهذا المرض سيطرح أسئلة ليس لها من أجوبة في الوقت الحاضر ومنها: (١) ما التأثير النفسي في الشخص المصاب حين يعلم سلفا أنه سيصاب بهذا المرض حين يبلغ سن الأربعين؟ وكيف سيعيش حياته قبل هذه السن؟ وما تأثير ذلك في حياته العائلية أو المهنية؟ وما الفائدة في أن يعلم أحدنا أنه سيصاب بهذا النوع من الأمراض؟! (٢) ما الذي سيكون عليه موقف المجتمع من ذلك الشخص؟ وكيف سيعامله المجتمع في حياته المهنية والشخصية؟ وهل سترضى إحداهن بالزواج منه؟ وفيما إذا كانت لديك ابنة أو أخت فهل ستوافق على زواجها من ذلك الشخص؟ وإذا كنت رب عمل فهل سترضى أن

توظف هذا الشخص لديك وأنت تعلم مسبقا أنه سيترك عمله في الأربعين من عمره؟ وإذا كنت رئيسا لإحدى الجامعات فهل ستوافق على إيفاد وتدريب هذا الشخص؟ وأنت تعلم أن هذا الشخص ربما سيعود ومعه المؤهل العلمي ليكون أستاذا جامعيا، لكنك تعلم أيضا أن مرضه سيجبره على ترك الجامعة وهو في سن الأربعين قبل أن يحقق التزاماته، وخاصة أنه لن يخدم جامعتك إلا لفترة وجيزة من الزمن مقابل التكاليف الضخمة التي أنفقت عليه؟ وماذا لو كنت قائدا عسكريا فهل ستختاره للعمل العسكري وحيثياته الدقيقة والممتدة زمنيا، وأنت تعرف أن مرض الرعاش سيقعده وهو في منتصف العمر؟ وفي النهاية ما تأثير ذلك كله في المريض ذاته؟! بل كيف سيتأقلم ذلك المسكين مع سحب البشر التي تمطر إشفاقا أو تجنبا وحذرا مؤلمين؟!. ويخشى الآن في المجتمعات الغربية، التي تتبع سياسة التأمين على الصحة والحياة، أن يستبعد هؤلاء الأشخاص من التأمين على صحتهم إذا استطاعت شركات التأمين الاطلاع على أسرار مورثاتهم. (٣) والسؤال المحوري الذي يطرح نفسه: من صاحب الحق في حيازة هذه المعلومات التي تعد من الأسرار الشخصية؟ وما عقوبة من سينشرها أو يذيعها بدون إذن صاحبها؟ وهل سيحق لرب العمل الاطلاع عليها مسبقا؟ وهل يحق للزوج أن يطلق زوجته أو أن تطلب الزوجة الطلاق من الزوج أو التطليق من القاضي إذا ثبت أن أحدهما مصاب بالمرض وأن القرين الآخر قد أخفى ذلك؟! ولذلك يعود السؤال فيما إذا كان يحق للطبيب في الأصل أن يقوم بهذا النوع من التشخيص أم لا؟ وفي حالة قيام الطبيب بالتشخيص فهل يستحسن إعطاء المريض نتيجة التحليل أم لا؟ وما المواصفات التي يجب توافرها في المركز الطبي الذي يُخَوَّل بالقيام بهذه النوعية من التحاليل؟ والسؤال الأخير هو ما إذا كنا نمتلك مورثاتنا حقا أم أن المجتمع هو صاحب الحق في امتلاكها؟ وهكذا فإن هذه القضية تطرح أسئلة كثيرة ومن النوع الشائك، وقد بدأت بعض المجتمعات بتحديد صلاحيات كل جهة من الجهات الثلاث (المريض، الطبيب، المجتمع الذي يمثله المركز التخصصي).

الاقتراح المنطقي الذي يَطرح نفسه هنا، أنه يجب على المعنيين بسن القوانين في الدول العربية والإسلامية أن يبدؤوا بدراسة هذه الأوضاع بشكل مفصل مع كافة الأطراف التي يتكون منها المجتمع المدني، ووضع التوصيات

لاستصدار القوانين اللازمة قبل فوات الأوان، ولعل أهم الجوانب حيوية وإلحاحا في هذا المجال هو البعد الفلسفي والأخلاقي الذي يتعلق بحقوق الفرد وتحقيق كرامته.

وعلى الرغم من كل هذه الأسئلة التي طرحت مسبقا، إلا أنه يجب ألا يغيب عنا كثرة الفوائد الناتجة عن القيام بعملية التشخيص، حيث يستطيع الشخص المصاب أن يجهض أبناءه المصابين بالمرض في المراحل الجنينية المبكرة من فترة الحمل، وهنا أيضا يأتي دور المشرع في مراقبة عملية الإجهاض وتنظيمها، والسؤال الذي يطرح نفسه في هذا المجال هو: هل يحق للأهل أن يجهضوا الجنين المصاب مع المعرفة التامة والأكيدة أن ذلك الوليد سيكون سليما، بكل ما في الكلمة من معنى، خلال السنوات الأربعين الأولى من عمره؟ ولا سيما أننا لا نعرف إذا كان الطب سيجد الدواء المناسب لهذا المرض أم لا، وأريد هنا أن أقرب الصورة إلى ذهن القارئ؛ ما موقفك لو أنك علمت أن الطب قد أوجد الدواء الآن لطفلك الذي أجهضته منذ سنوات قليلة لمثل هذا السبب؟ وهنا أيضا تحتاج مجتمعاتنا إلى البحث العميق والشامل في المجالين القانوني والشرعي لتنظيم هذه الأمور، وللإجابة عن الأسئلة المطروحة بوضوح، وموضوعية، وواقعية، وهذا الدور يناط بعلماء الدين والقانون بالإضافة إلى المشرعين والموقف الصحيح سيأتي فقط بعد قيامهم جميعا بالبحث العلمي الجاد والموجه للإجابة عن هذه الأسئلة، ومن أجل إعطاء الأجوبة التي تلائم مجتمعاتنا العربية والإسلامية، وهذا ينطبق على الأسئلة نفسها التي طرحناها في موضوع الاستنساخ البشري (راجع الفصل العاشر)، وهكذا فإن عملية الموازنة بين إجراء التشخيص و عدمه تتطلب إدراكا علميا عميقا ومسؤولا لكل جوانب المسألة بما فيها المسائل القانونية والشرعية المترتبة على النتائج التي قد تخلفها تلك العملية.

الطرق المستخدمة في تجارب التشخيص الوراثي (الجيني)

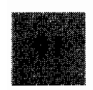
تجدر الإشارة إلى أنه يتوافر الآن في الساحة العلمية عدد هائل يقدر بأكثر من ألف نوع من الفحوصات التشخيصية التي يمكن الحصول عليها من شركات الأدوية، ويمكن مراقبة آخر وأحدث أنواع الفحوص المستجدة للتشخيص الوراثي، وذلك بزيارة موقع خاص على الإنترنت تشرف عليه جامعة واشنطن، وعنوان هذا

الموقع هو www.genetests.org أو www.geneclinics.org. ويزداد عدد الفحوصات المتوافرة يوميا بناء على الاكتشافات الجديدة والحصول على التراخيص الرسمية من الحكومات التي تجيز استخدام التقنيات الجديدة في مجالات التشخيص الجيني. وتتنافس شركات التقنيات الحديثة على امتلاك السوق، ويتجلى ذلك بأن تعرض بعض الشركات القيام بفحوص مجانية لمن يريد من العلماء أو من الناس العاديين، ويقومون بتوزيع المواد الضرورية لإجراء التشخيص الوراثي على عيادات الأطباء مجانا، وذلك بهدف الحصول على ثقة الأطباء بالمواد التي يروجون لها. وبعد التأكد من أنهم نالوا تلك الثقة يبدؤون بوضع الأسعار الباهظة لمنتجاتهم بعد أن يحموها ببراءة اختراع عالمية لتضمن لهم حقوقهم في صنع وبيع تلك المواد في دول العالم كافة.

لقد وصلت تقنيات التشخيص الجيني على الإنسان إلى مراحل متطورة، حيث يمكن الآن إجراء التشخيص على الجنين الذي لا يتجاوز عمره ثلاثة أيام، ويكون ذلك ممكنا في حالات التلقيح الاصطناعي الذي يلجأ إليه من يعانون العقم لوجود بعض الطفرات الوراثية لدى أحد الزوجين، ولذلك فإن عملية التشخيص الوراثي تكون ضرورية في هذه الحالة حتى يتم زرع الجنين الخالي من العيوب الوراثية في رحم الأم، ويتم ذلك بإجراء عملية التلقيح الاصطناعي بين عدد من البويضات والنطاف، حيث تدخل نواة النطفة إلى بويضة الأم لتندمج مع نواة الأم وتتشكل البويضة الملقحة التي بدورها ستنقسم لتعطي خليتين متماثلتين، وتنقسم ثانية لتصبح أربع خلايا ثم ثمان فست عشرة خلية وهكذا حتى يتكون جنين كامل، ويمكن لعملية التشخيص الجيني أن تتم حين يكون الجنين مؤلفا من ست عشرة خلية، حيث يقارب عمره وهو في هذه المرحلة حوالى ثلاثة أيام فقط. عند ذلك يمكن لشخص مدرب أن يستأصل خلية واحدة من الخلايا الست عشرة ويجري ذلك تحت المجهر ويترك الجنين لينمو ويتقاسم، حيث إن الخلية الناقصة (المنتزعة) لن تؤثر ولا بأي شكل من الأشكال في استمرارية الجنين في النمو الطبيعي، أما الخلية المستأصلة فسوف تُستخدَم لإجراء التشخيص الجيني حيث إنها تحتوي على النسخة الكاملة للذخيرة الوراثية للجنين ويجري ذلك باستخدام تقنية سلسلة «د. ن. أ» (DNA sequencing) للخلية بعد أن تجرى عملية استنساخ الذخيرة الوراثية إلى مليارات النسخ بوساطة استخدام ما يسمى

بتفاعل البلمرة المتسلسل أو Polymerase Chain Reaction (PCR) وقراءة إحدى الصفحات (المورثات) التي يشتبه في أنها تحوي الخلل الوراثي. سيتمكن العلماء من التأكد من أن الجنين سيكون قابلا للزرع أو لا وبهذه الطريقة وباستخدام تلك الخلية المستأصلة فإنه يمكن أن يشخص الأطباء عشرات الأمراض الوراثية، وهذا يعد في غاية الأهمية حتى يستمر الحمل من دون خوف أو قلق من إجهاض الجنين في مراحل متأخرة من الحمل، أو أن يولد الجنين وهو يحمل العيب الوراثي. إن هذه الطريقة في التشخيص يمكن أن تستخدم في عمليات التحسين الوراثي المقترحة من عدد كبير من العلماء لتحسين وتطوير العرق البشري، حيث إن هذه الطريقة المبكرة في التشخيص ستساعد على أخذ أفضل صورة لحقيقة الجنين الوراثية، وخاصة في الحالة التي يراد فيها التأكد من أن التحسينات المراد إدخالها إلى المادة الوراثية للجنين (في حال أردنا إدخال مورثة قوية إلى الجنين) قد اندمجت ضمن جينوم الجنين.

أما في حالات الولادة الطبيعية فإن هناك نوعين للتشخيص الجينومي: التشخيص قبل الولادة أو Prenatal Diagnosis أو التشخيص بعد الولادة Postnatal Diagnosis، وتعتمد الطريقة الأولى على أخذ الخلايا الأمنيوسية (Amniocytes) من الجنين وهو في بطن أمه، ويمكن أخذ الخلايا في الأسبوع الخامس عشر للحمل ولغاية الأسبوع الثامن عشر من عمر الجنين، وتسمى هذه الطريقة Amniocentesis أو طريقة بزل السِّلى (المرجع: قاموس حتي الطبي). وعلى الرغم من صعوبة وتعقيد هذه الطريقة إلا أنها تعد من أفضل الطرق أمانا على سلامة الجنين، ونسبة الأجنة التي تموت نتيجة لاستخدام هذه الطريقة هي ٠,٥ ٪ وقد تختلف هذه النتيجة من طبيب إلى آخر. ومشكلة هذه الطريقة هي أنه لا يمكن أن نبدأ في التشخيص قبل الأسبوع الخامس عشر وهذا يعني أن نتيجة التشخيص قد تأتي متأخرة وفي وقت لا يمكن للطبيب أن يأمر بعملية الإجهاض، ولذلك فإن البحوث تتركز الآن لمحاولة إجراء التشخيص في وقت مبكر. وسيعتبر ذلك من الإنجازات الرائعة حين يتم التمكن من إجراء هذا التشخيص على الجنين في الأسابيع الأولى من الحمل. وإنه لمن دواعي الاعتزاز أن يقوم كل من الدكتور ماجد الشمري والدكتورة ماجدة اليتامى (مستشفى الولادة التابع لمشفى الصباح في الكويت)



بأخذ عينات من دم الجنين وهو في بطن أمه ليتم التشخيص الوراثي لبعض الأمراض الوراثية، والتي يقوم بها مختبرنا في قسم الكيمياء الحيوية التابع لكلية الطب في جامعة الكويت، ويُرسل بعض العينات لتشخيصها خارج الكويت في حال عدم توافر إمكانات التشخيص في الكويت.

وتحتاج عمليات التشخيص الوراثي إلى تجهيزات هائلة تتضمن أدق أنواع المجاهر المجهزة بكاميرات التصوير ذات القدرة العالية، والتي تتصل ببرامج الكمبيوتر التي تقوم بمعالجة وتحليل الصور، ويحتاج كذلك إلى جهاز لاستنساخ الـ «د. ن. أ» وجهاز آخر لسلسلة (قراءة) الـ «د. ن. أ»، وأبسط التشخيصات الوراثية هو الحصول على النمط النواتي (Karyotype) لخلايا الجنين وفيه يتم أخذ صورة فوتوغرافية مجهرية للصبغيات (Chromosomes) وهي في الطور التالي (Metaphase) من الانقسام الفتيلي (Mitosis) ويتم ترتيبها بنسق قياسي حسب أحجامها ومواقع قسيماتها المركزية (Centromers) وصفاتها الشكلية الأخرى، حيث يوجد في الإنسان ٢٢ زوجا من الصبغيات الجسدية وزوجا واحدا من الصبغيات الجنسية (إكس إكس في الأنثى و واي إكس في الذكر)

إن طريقة قراءة «د. ن. أ» المورثة المراد تشخيصها تعتمد على ما يسمى سلسلة «د. ن. أ» المورثة في المنطقة المتوقع أن تحصل فيها الطفر، وتجري بقراءة الأحرف التي تتكون منها تلك المنطقة ومقارنتها مع السلسلة المعروفة لتلك المورثة. ولنعلم أن جميع الطفرات التي اكتشفت قد وُضِعت في بنك خاص للمعلومات ويمكن لأي باحث الرجوع إليه حيث له موقع خاص على شبكة المعلومات العالمية (www.ncbi.nlm.nih.gov/omim) (المرجع ١٢) وقد وصل عدد الطفرات المرتبطة ببعض الأمراض الوراثية في ٢١ سبتمبر ١٩٩٩ إلى ١٠٨٤٨ طفرة (المرجع ٢٦) وهذا الرقم يرتفع بشكل مستمر ويومي.

المشاكل المتعلقة بطرائق التشخيص الوراثي

نتائج الفحص التشخيصي قد تكون، في بعض الأحيان، غير واضحة وغير مفهومة وذلك يعود لأسباب كثيرة لا يتسع المجال الآن لشرحها، وسأضرب مثلا على الضبابية التي تتسم بها بعض نتائج الفحص الوراثي: يُجرى في

معظم الدول الغربية فحص إجباري للأمهات الحوامل لفعالية المورثة المسماة alpha feto-protein (AFP) التي إن كانت طافرة فإنها ستسبب للجنين تشوهات خلقية بالغة خلال تشكل جهازه العصبي، ويجب العلم أن الطريقة المستخدمة للتشخيص توصف بأنها ذات دقة عالية، حيث ستكشف كل حالات التشوه الخلقي إن وجدت في الجنين، لكنها في بعض الأحيان تعطي نتائج غير دقيقة، فعند فحص ألف امرأة حامل فإن طريقة التشخيص المستخدمة ستظهر نتيجة مبدئية مفادها أن ٥٠ امرأة مصابة، ولكن وبعد إعادة فحص هؤلاء الخمسين بطريقة أخرى يتبين أن امرأة واحدة فقط من هؤلاء الخمسين تكون مصابة بالتأكيد، ومن جهة أخرى فإن بعض المرضى يكونون أحيانا على وشك المرض، ولذلك فمن الصعب التأكد تماما (١٠٠٪) أن الشخص الذي شُخّصت حالته سيكون مريضا، ولتفسير مثل هذه الحالة سنقوم بإعطاء أمثلة توضيحية: هناك بعض الأمراض التي يكون وراءها ما يسمى بالطفرات الديناميكية (Dynamic Mutation) تزداد خطورتها مع تعاقب الأجيال، ومن هذه الأمراض مرض هونتينغتن Huntington الذي يصيب الجهاز العصبي ويشل حركة المريض وهو في الأربعينيات من عمره، ومرض التخلف العقلي المسمى Fragile X الذي يصيب الذكور غالبا، ويؤدي بالإضافة إلى التخلف العقلي إلى أعراض أخرى كالعقم، ومرض ضمور العضلات Myotonic dystrophy الذي يؤدي إلى حالة غريبة تنتهي بالموت، لأن عضلات الجسم تضمر بما فيها العضلة القلبية. وتكون الطفرة المسببة للأمراض الثلاثة الآنف ذكرها على شكل زيادة في أحرف المورثة، وهي عبارة عن تكرر في ثلاثة أحرف CAG أو CGG أو CTG في جزء معين من المورثة، مما يؤدي إلى توقفها عن العمل أو أن تعمل بشكل مغاير ومختلف عن دورها الطبيعي ولأن عدد المرات الذي تتكرر فيه هذه الحروف يختلف من مريض إلى آخر ومن جيل إلى جيل فمثلا في حالة مرض هونتينغتن يبلغ عدد المرات التي تتكرر فيه هذه الثلاثية عند الأشخاص العاديين غير المصابين بالمرض بحدود ٢٦ أي CAG تتكرر ٢٦ مرة، أما إذا كان عدد المرات التي تتكرر بها هذه الأحرف يساوي ٣٦ مرة أو أكثر فإن الشخص سيصاب وبشكل مؤكد بمرض هونتينغتن عندما يكون في الأربعينيات من عمره، وهكذا فلو أُجري التشخيص الوراثي لشخص ما، يعتمد على عدد مرات التكرار في الأحرف

الثلاثية، وكانت النتيجة هي احتواء مورثة هذا الشخص على ٣٤ تكرارا فسيتعذر على الطبيب أن يتنبأ بنتيجة التشخيص وكذلك المستقبل الصحي لهذا المريض بدقة، ولن يؤكد التحليل الإصابة بمرض هونتينغتن أو عدمها. والمخطط التالي يوضح بعض الأمراض الوراثية الناتجة عن تكرارات الأحرف الثلاثية في بعض الجينات.

المرض	اسم المورثة	نسبة الإصابة في الإنسان	نوع الثلاثية المتكررة	مرات التكرار في الشخص السليم	مرات التكرار في الشخص المريض
Huntington disease	HD	١:١٠٠٠٠	(GAG)n	من ٠ إلى ٢٦	من ٣٦ إلى ١٢١
Fragile X syndrome الصبغي الهش إكس	FMR1	١:٥٠٠٠	(GGG)n	من ٦ إلى ٥٠	من ٥٢ إلى ٥٠٠
Myotonic dystrophy الحثل العضلي	DMPK	١:٨٠٠٠ ١:٥٠٠٠٠	(CTG)n	من ٥ إلى ٣٧	من ٥٠ إلى ٥٠٠
Friedreich ataxia	FA		(GAA)n	من ٧ إلى ٢٢	من ٢٠٠ إلى ١٧٠٠
Kennedy Disease	SBMA		(CAG)n	من ٩ إلى ٣٥	من ٣٨ إلى ٦٨

وتتعقد نتيجة الفحص الجينومي بشكل أكبر عندما يكون المرض ناتجا من تدخل أكثر من طفرة في المورثة نفسها أو في مورثات مختلفة. ويشير كثير من الأبحاث الحديثة إلى أن المورثات تتفاعل وتتكلم مع بعضها بعضا، بيد أن المشكلة هي أننا لم ندرك إلى الآن دقة الفهم لهذه اللغة التي تتحاكى (تتناقش وتتفاهم) بها المورثات فيما بينها، وخاصة في الحالات المرضية، ومن هنا فإن هذه العوائق لا تتيح لنا فهم وتحليل الصورة الجينية مما يؤدي إلى عدم القدرة على تفسير نتائج التشخيص على نحو صحيح.

هل نحن أحرار بمورثاتنا؟

مع أن الواحد منا يُخلق نتيجة لاندماج المادة الوراثية لشخصين هما الأم والأب إلا أن كل واحد منا يعدُّ نسخة وحيدة (لا مثيل لها) في العالم، ولكن وعلى الرغم من هذه الحقيقة، فإننا نشترك وخاصة مع أقاربنا بأشياء كثيرة حيث يمتلك الإنسان منا نصف مورثات أبيه ونصف مورثات أمه، وهكذا وعلى الرغم من أننا نمتاز بأحادية النسخة (Unique Copy)، أي أن لا شبيه لأحدنا في هذا الوجود إلا أن هذه النسخ الوحيدة تتشابه فيما بينها وحدود التشابه والاختلاف ترجع إلى درجة القرابة فيما بين بعضنا بعضا. هذا التشابه بين بعضنا بعضا يؤدي إلى أنه عندما يجري تشخيص الجينات لشخص ما فهذا يعني أن المعلومات التي يمكن الحصول عليها منه (الطريقة المكتوبة بها حروف كتابه الوراثي) سَتُمكِن الطبيب من معرفة الشيء الكثير من خواص ذلك المريض، حيث سيقرأ بعض صفحات كتابه وسيبدو هذا الكشف للوهلة الأولى مألوفا يخلو من أي عواقب ولا يشكل أي غرابة. وحقيقة الأمر أن الطبيب باطلاعه على صفحة المريض الجينية سيكون قد اطلع على المعلومات الجينية لكل الأشخاص الآخرين الذين يتصلون بعلاقة قربى مع المريض، فمثلا، سيعرف الطبيب حقائق مهمة عن أم المريض وأبيه، حيث إننا نعلم أن نصف مورثات المريض موروث من الأم والنصف الآخر موروث من الأب، وبهذا ستفتضح أدق - أخص أسرار الأم والأب من دون رغبتهم أو درايتهم، وهذا يعني أن الطبيب سيعرف أن صاحب الخلل الوراثي هو الأب أو الأم، ناهيك عن معرفة الطبيب أيضا أشياء كثيرة عن أخوة وأخوات المريض.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المادة الوراثية للإنسان يمكن تقسيمها إلى نوعين:

(١) المادة الوراثية التي تشكل المورثات أو الجينات (Genes) وهي لا تشكل سوى ٢,٥٪ من مجموع المادة الوراثية، وهذه المنطقة من الجينوم تسمى بالمنطقة الوظيفية أو المنطقة الفعّالة حيث ستعبر الجينات عن نفسها، وللعلم، فقد اكتشف العلماء أن منطقة الجينات لا تختلف بين البشر قاطبة (أي تكون هي نفسها لدى جميع البشر) ويمكن تسمية هذه المنطقة بمنطقة التشابه الجينومي، وهي المنطقة الحساسة لأي تغير، فقد تكون نتيجة هذا التغير الذي يسمى حينها الطفرة هي المرض أو الموت للشخص الذي يحمل حرفا واحدا مختلفا عن بقية أفراد البشرية.

(٢) المادة الوراثية من الجينوم التي لا تحتوي على أي مورثة وهي تشغل ٩٧,٢ ٪ من مساحة الجينوم وهي منطقة تسمى المنطقة غير الوظيفية، إذ لا نعرف وظيفتها بالضبط، وهي المنطقة التي تختلف في كتابة حروفها من شخص إلى آخر بمعنى أنها هي التي تسمح للشخص بأن يكون نسخة لا مثيل لها، حيث إن الحروف التي تكتب بها تكون مختلفة (الشكل ٢).

وهكذا فإذا قرر أحدنا تشخيص مورثاته، فإن ذلك يعني أنه، ومن دون أن يدري، سيقدم معلومات حساسة عن أقاربه وإخوته وهكذا فإن اكتشاف مورثات شخص واحد سيؤدي إلى أن تتعرض عائلته للأخطار نفسها التي سيعانيها هو في حال تسرب تلك المعلومات عن صحته من الطبيب إلى شركات التأمين على الحياة، مثلا، أو من التحيُّز ضده في العمل، وهكذا يجب على المريض أن يعرف أن تشخيص مورثاته يعني أيضا تشخيص مورثات غيره من الأقارب، ولذلك فإنه حتى الآن لا يوجد قانون ينظم هذه العملية وخاصة فيما إذا كان للأقارب الحق في التدخل لمنع المريض (الذي يمكن أن يكون أخا أو أختا، أما أو أبا) من القيام بتشخيص جيناته، ولذلك يطرح الآن وعلى جميع الأصعدة القانونية السؤال التالي: هل نحن أحرار بمورثاتنا؟ أو من الذي يملك حق التصرف بالمورثات؟ وكلنا يتذكر بطل الملاكمة الشهير محمد علي كلاي، حين شاهدناه على أجهزة التلفزيون، عندما أشعل المصباح الأولمبي في افتتاحيات دورة الألعاب الأولمبية في أتلانتا عام ١٩٩٦، وقد ظهر في اليوم السادس عشر من يوليو لافتتاح الدورة وقد بدا لمليارات المشاهدين على شاشات التلفزة وهو يحمل المصباح بيديه المرتعشتين وجسمه الذي يرتجف

نتيجة لإصابته بمرض باركنسون Parkinson وقد عرفت البشرية جمعاء عندها أن محمد علي يعاني مرضا وراثيا خطيرا، وحسب التوقعات فإن هذا المرض الوراثي قد ينتقل إلى أولاده من بعده وهكذا فإن إصابة أولاد محمد علي معلنة معروفة للقاصي والداني ولا تمتاز بأي قدر من السرية . وبالتالي هناك إمكان إصابتهم بمرض والدهم نفسه، وما سيترتب على ذلك من مضايقات في مستقبلهم في المجتمع، وينطبق ذلك على معظم المشاهير في العالم وخاصة رؤساء الدول وكبار الفنانين الذين يكونون عرضة لهذا النوع من المخاطر نتيجة لطبيعة الحياة العامة التي تتطلبها وظائفهم ويمكن ذكر حالة الرئيس الأمريكي السابق رونالد ريغان وقصة إصابته بمرض باركنسون وتأثير ذلك على عائلته من بعده.

فوائد التشخيص الوراثي

على الرغم من الأسئلة المتعددة حول المشاكل التي يفرزها التشخيص الوراثي إلا أن الفوائد التي نجنيها من إجراء عملية التشخيص تجلُّ عن الحصر، فكثيرة هي الأمراض الوراثية التي تقتل الإنسان التي سيمكن معالجتها إذا شُخّصت في الوقت المناسب وهناك بعض الأمراض التي إذا شُخصت في الوقت المناسب سوف يسهل علينا التخلص منها قبل أن تصيبنا.

التشخيص المبكر للتخلص من المرض الوراثي

يجب القول إن التشخيص المبكر للمرض الوراثي بحد ذاته لا يعادل بأي شكل من الأشكال الدواء ولا يعني الشفاء من المرض، أي أن مجرد اكتشاف المرض لا يعني شفاءه، وسأضرب مثالا على أن التشخيص المبكر لبعض الأمراض قد يكون ضروريا لكي نأخذ بعض الاستعدادات له وذلك للوقاية من المرض قبل إصابتنا به، ومثال ذلك مرض "بيلة فينيل الكيتونية" وهو يسمى Phenylketonuria (PKU) وهو عبارة عن خلل أيضي (ناتج عن اضطراب في عمليات الاستقلاب وتظهر أثاره بعد الولادة مباشرة، (Inborn Errors of Metabolism) وراثي ينتقل بطريقة متنحية ويؤدي إلى التخلف العقلي عند الأطفال (الذكور والإناث) ويتصف الأطفال المصابون بأن لهم حاصل ذكاء Intelligence Quotient (IQ) أقل من ٥٠ وينتج ذلك من جراء

تخريب خلايا الدماغ نتيجة لارتفاع نسبة الحمض الأميني (فينيل آلانين) في دم الجنين، مما يؤدي إلى موت بعض الخلايا الدماغية ويحدث ذلك الارتفاع نتيجة لوجود طفرة في إحدى المورثات المسؤولة عن تخليص الجسم من تلك التركيزات العالية لهذا الحمض الأميني. يتجلى ذلك بغياب الأنزيم الذي تكون وظيفته الوحيدة هي تحطيم الحمض الأميني (فينيل آلانين) ليستفيد الجسم منه حيث يحوَّل إلى حمض أميني آخر مفيد للجسم. وللأسف فإن هذا المرض ينتشر في الدول العربية بشكل كبير ولأننا لا نكتشفه مبكرا لعدم وجود برامج واسعة على مستوى الدولة لتشخيص هذا المرض، مع العلم أن للدول المتقدمة برامج مسح خاصة لهذا المرض، وذلك يساعد على علاجها في الوقت المناسب. وفي جميع الأحوال لكي نتخلص من هذا المرض يجب أن يتم التأكد من وجوده قبل الولادة أو في اليوم الذي يولد فيه الجنين كحد أقصى وذلك لأن علاج المرض يجب أن يبدأ بعد الولادة مباشرة وستكون النتيجة أفضل لو تمت المعالجة في الحالة الجنينية. وتعتمد المعالجة على الحمية الغذائية وتجنّب الأطعمة والحليب الذي يحوي على (الفينيل آلانين) وبهذا ستكون نسبته في دم الطفل عادية وغير سامة بالنسبة إلى الخلايا الدماغية، وتستمر هذه المعالجة لعدة سنين حتى يتكون الدماغ نهائيا ولا مانع بعدها من تناول الأطعمة كافة، وقد تبين أن الأطفال الذين يجري تشخيصهم في الوقت المناسب تُجرى معالجتهم بالحمية الغذائية يتمتعون بحاصل ذكاء لا يختلف كثيرا عمّا هو عليه عند الأشخاص العاديين غير المصابين بالمرض. وللعلم فإن الدول المتقدمة تقوم بشكل تلقائي (روتيني) بتشخيص كل الأطفال عند ولادتهم وتقوم هذه الدول أيضا بتشخيص العائلات التي تحمل المرض وتزودهم بالنصائح الواجب اتباعها، وخاصة بالنسبة إلى المرأة الحامل حيث يجري التشخيص المبكر في الأسابيع الأولى من الحمل، وهكذا فإننا نرى أن هذا النوع من التشخيص يجب أن يكون إلزاميا للعائلة وأن يجرى لكل مولود، فهذا سيؤدي كما رأينا إلى تجنبه، وللعلم فإن هذا النوع من التشخيص ليس مرتفع الكلفة (حوالى ٢٠ دولارا أمريكيا) وبها نستطيع أن ننقذ حياة طفل بالإضافة إلى تخفيف العبء النفسي والمالي على العائلة وعلى المجتمع. ويجب العلم أن هذا المرض ينتشر بشكل نادر بين الأطفال وتقدر نسبته بطفل واحد مصاب إلى كل ١٥٠٠٠ ولادة وبما أنه ينتقل بشكل متنح فإن هذا معناه ازدياد

هذه النسبة في المجتمعات التي يكون فيها الزواج بين الأقارب شائعا، كما هي الحال في مجتمعاتنا العربية وخاصة الخليجية منها. وتوجد أمراض أخرى تمكن معالجتها إذا شُخصت في الوقت المناسب ومن هذه الأمراض: مرض الصباغ الدموي Hemochromatosis وبعض الأمراض الأخرى التي تنتج عن خطأ في عمليات الاستقلاب (metabolism) الداخلي للعناصر الغذائية أو عمليات الهدم والبناء للعناصر الغذائية في خلايا الجسم المختلفة.

وهناك بعض أنواع أمراض السرطان الذي يمكن التخلص منه بطرائق أخرى غير طريقة الحمية الغذائية، إذا جرى التشخيص المبكر للسرطان، فبعض أنواع سرطان الثدي والمبيض الذي يُوَّرث من المرأة إلى ابنتها يمكن تفاديه والطريقة الممكنة حاليا هي استئصال الثديين أو المبيض عند المرأة حتى لا يكونا عرضة للسرطان ويتم ذلك في سن الأربعين من العمر، وهو الوقت الذي يبدأ فيه السرطان بالظهور عند هؤلاء النسوة اللواتي يحملن طفرة في مورثة BRCA1 ومورثة BRCA2، ولذلك يجب أن تكون هناك مراقبة مستمرة لنساء العائلة التي سجلت بها حالة السرطان نتيجة لوجود الطفرة في المورثة. ويجب القول إن التشخيص المبكر لبعض أنواع السرطان الأخرى كسرطان القولون قد يؤدي إلى الشفاء وبنسبة ٩٥٪، أما إذا اكتشف السرطان بشكل متأخر فإن نسبة الشفاء من السرطان لن تتجاوز نسبة ٢٠ ٪، ومن هنا يمكن أن نحسب عدد البشر الذين يمكن إنقاذهم من الموت نتيجة للكشف المبكر لهذا النوع من الأمراض.

ومن فوائد التشخيص الجيني أيضا مساعدة الأطباء على وصف الدواء المناسب لكل مريض على حدة، فمن المعروف أن الدواء نفسه يكون له تأثير مختلف من حيث القدرة على شفاء المرض وذلك من مريض إلى آخر، وسبب هذا التأثير المتفاوت هو أنه وعلى الرغم من أن البشر يحملون العدد والنوع أنفسهما من الجينات الإنسانية، إلا أنهم يختلفون فيما بينهم في ترتيب حروف مورثاتهم التي تميز كل مخلوق على وجه هذه الأرض، أي أنه يوجد حوالى ستة مليارات نمط وراثي وهي تقابل العدد المتوقع لسكان العالم (يجب الأخذ بعين الاعتبار أن التوائم المتطابقة لها النمط الوراثي نفسه) وقد تبين أن الأدوية تكون فعالة بالمستوى نفسه على الأشخاص الذين لهم نمط وراثي متقارب، فمثلا سكان بلد ما هم عادة متقاربون في نمطهم الوراثي وهكذا

فإن التشخيص الوراثي سيساعد في توضيح فعالية الدواء بشكل مسبق، وبالتالي فإن النتيجة ستكون إعطاء الدواء المناسب للشخص المناسب وليس كما هي الحال الآن حيث يعطى الدواء المناسب للمرض المناسب، وتقوم الشركات الدوائية الآن بأبحاث جبارة لمحاولة فهم العلاقة بين الدواء وتأثيره وعلاقة ذلك مع النمط الوراثي.

الاستشارة الوراثية (Genetic Counseling):

تشير الإحصاءات الطبية إلى أن مئات الأطفال يولدون سنويا في بلد صغير مثل الكويت وهم مصابون بمرض وراثي (المرجع ٢٧)، وتتوزع هذه الإصابات الوراثية على الشكل التالي: يولد ٠,٧ ٪ من مجموع الأطفال حديثي الولادة وهم يعانون من خلل وراثي مرتبط بخلل على المستوى الصبغي، وتكون نتيجة هذا الخلل الصبغي على حياة الطفل فيما بين متوسطة إلى عالية الخطورة، ويولد نحو واحد من كل مائة طفل وهو مصاب بخلل يعود سببه إلى مورثة واحدة بينما يولد نحو ٢ ٪ من الأطفال مع تشوهات خلقية ترجع إلى سبب وراثي غير معروف، وهكذا فإن حوالى ٤ ٪ من مجموع الأطفال يولدون وهم لا يتمتعون بالصحة التي ينعم بها بقية الأطفال. ويجب ألا ننسى حالات الإجهاض التي تحدث خلال فترة الحمل وتشكل نسبة عالية (١٥ ٪) و يكون معظمها عائدا إلى خلل وراثي في الجنين المشكل. وهكذا فإن العائلة التي ينتمي إليها الطفل يجب أن تتلقى بالإضافة إلى المساعدة الطبية مساعدة من نوع آخر وهي أن يشرح لها مختص في الأمراض الوراثية وبالتفصيل طبيعة المرض الوراثي الذي يصيب أبناءهم، وكيفية انتقاله إلى الطفل، وعن إمكان ولادة طفل آخر للعائلة نفسها وهو مصاب بالمرض نفسه، وأن يشرح لهم إن كان هناك من طرائق يستطيعون اتباعها لتفادي الإصابات الجديدة في أطفالهم، وأن يوضح لهم إمكان المعالجة الوراثية في داخل البلاد أو خارجها، ومن أعظم الأمور أهمية هو أن يشرح لهم ضرورة أن يقوم جميع أفراد العائلة بمن فيهم أولاد العم والعمة والخال والخالة بإجراء التشخيص الوراثي لهم، ومن البديهي أن يؤدي ذلك إلى خلق حالة من الترقب والمرارة والجزع لدى أفراد العائلة وأقاربهم بانتظار نتيجة الفحص، وقد يكون هناك بعض أفراد العائلة الذين قد يرفضون الفحص الوراثي وفي بعض الحالات

قد يضطر الاختصاصي إلى التوصية بزيارة طبيب نفساني مختص بهذه المجالات الوراثية ليشرح ويتدارس معهم أساليب الخروج من المأزق النفسي الحرج الذي يعانون منه. إن الفائدة المأمولة من الاستشارة الوراثية هي محاولة توعية العائلة وذلك بهدف تفادي انتقال المرض الوراثي وبالتحديد لمنع زواج الأقارب الحاملين المرض نفسه، حيث إن لم يسمعا النصيحة وتزوجا فسوف يظهر المرض على ٢٥ ٪ من أبنائهما، بالإضافة إلى مساعدة الأزواج على اتخاذ القرار المناسب من حيث معرفتهم بأنهم يحملون هذا المرض في مورثاتهم وأنه سيلازمهم وذريتهم وقد يؤدي بهم إلى مشاكل عائلية تنتهي بالطلاق، وربما تشريد الأولاد بالإضافة إلى التأثيرات النفسية الأخرى. وهنا أود أن أذكر تعليقا للعالم Linus C. Pauling، على قضية زواج الأقارب حيث ينتشر إلى حد كبير في مجتمعاتنا، وهو الحائز على جائزة نوبل لمرتين الأولى في الكيمياء لعام ١٩٥٤ وجائزة نوبل في السلام عام ١٩٦٢ قد كتب في النشرة القانونية الصادرة عن جامعة كاليفورنيا و لوس أنجلوس الأمريكية (المرجع ٢٨) أنه يجب وضع علامة بارزة على جبهة المصاب بطفرة في مورثة معينة وكان في حينه يقصد المورثة التي تسبب مرض فقر الدم المنجلي، ويقول إن وضع هذه العلامة البارزة سيشير إلى ابن العم أن يبتعد عن حب ابنة عمه التي تحمل الإشارة نفسها، وهنا يتساءل المرء عن إمكان أن يتنبّه الشباب والشابات في مجتمعاتنا إلى هذه القضايا وعدم الدخول في متاهات العذاب التي تفرزها عادات وتقاليد بالية.

ويلعب المجتمع دورا بارزا في حياة الشخص المريض وذلك لمعالجة المشاكل النفسية التي تسببها الأمراض الوراثية، وهناك أيضا دور مركزي للاعتقاد الديني لدى المريض، ودور لا يُغفل للفعاليات الدينية والتربوية والإعلامية بما فيها المدرسة والمسجد والإعلام بشكل عام. وفي جميع الأحوال فإن هذه القضايا ربما لا تجد حلولا جذرية في القريب العاجل، ومسألة الخيار أو اتخاذ القرار فيها على مستوى الفرد أو المجتمع ليس بالأمر السهل، ولا سيما في مجتمعاتنا التي تتطور فيها معظم الأمور ببطء. وسأضرب المثال التالي على المرارة أو الضياع الذي قد يحدث لأحدنا حين يعلم نتيجة الفحص الوراثي لزوجته الحامل التي تنتظر توأمين من الذكور، حيث أظهرت النتيجة أن واحدا منهم يحمل نمطا صبغيا سليما ٤٦ XY أما الجنين الثاني فإنه يحمل نمطا

وراثيا غير عادي (غير سليم) وهو عبارة عن وجود صبغي إضافي في كل خلية من خلاياه وهو الصبغي واي (Y) ويرمز للنمط الصبغي في هذه الحالة ٤٧ XYY أي أن هذا الجنين يحوي على صبغيين (واي) بدلا من صبغي واحد، كما هي الحال، عند الجنين الأول. وللعلم، فإن هذا النمط الوراثي يوجد بنسبة عالية بين الذكور وهي ١/١٠٠٠، ومن أهم الآثار التي يخلفها وجود الصبغي واي الزائد هو أن الذكر سيكون أكثر طولا من الذكور العاديين وأنه سيكون ميالا للعنف وحب الجريمة حيث أثبتت التحاليل الوراثية، التي أجريت على نزلاء السجون في أكثر من بلد في العالم، أن بينهم عددا مرتفعا من أصحاب النمط الوراثي ٤٧ XYY (المرجع ٢٩). وهنا يبرز السؤال حول التأثير النفسي الذي سيخلفه هذا الخبر على الأب والأم، ويبعث على التساؤل عن جدوى القيام بهذا التشخيص الوراثي، وفيما إذا كان يحق للطبيب أن يبلغ مثل هذا الخبر للعائلة، وهذا، بحسب رأيي، سيكون في حاجة إلى دراسة تفصيلية من أصحاب الخبرة والاختصاص في المجالات القانونية والاجتماعية والنفسية في المجتمعات العربية والإسلامية. والقضية الأخرى، التي يجب أن يوضحها القضاء في هذه المجتمعات، فيما إذا كان يجب النظر إلى هؤلاء على أنهم مرضى فعلا! فهل يبنى على ذلك تخفيف الأحكام القضائية عليهم عند ارتكابهم الجريمة؟ أو أنه يجب تجاهل الطريقة التي خلقوا بها واعتبارهم مسؤولين عن تصرفاتهم في حين أن تشخيصهم الوراثي يُظهر أنهم وبلا إرادتهم وقد خلقوا على هذه الصورة، وعلى المجتمع أن يتحمل مسؤولية أكبر تجاههم، وأن يعتني بهم أشد اعتناء وأن يوفر الطرق المناسبة للتأثير في تصرفاتهم التي قد يكون لها اثر إيجابي في توجيه سلوكهم ويدخل تحت هذا المفهوم ما يُعرف بتأثير البيئة المحيطة على شخصية الفرد.

الوصف الشرعي الإسلامي للاستشارة الجينية والعلاج الجيني

تهتم المنظمة الإسلامية للعلوم الطبية (ومركزها دولة الكويت) بإيجاد وتقديم حل لبعض المشكلات الطبية المعاصرة والطارئة من منظور الدين من خلال الندوات العلمية التي تنظمها كتلك التي عقدت في الكويت في شهر أكتوبر ١٩٩٨ تحت عنوان: الوراثة والهندسة الوراثية والجينوم البشري والعلاج الجيني ـ رؤية إسلامية. وقد قدمت الندوة التوصيات التالية:

في مجال الإرشاد الوراثي (الإرشاد الجيني):

(الإرشاد الجيني) genetic counseling يتوخى تزويد طالبيه بالمعرفة الدقيقة والتوقعات المحتملة ونسبتها الإحصائية، تاركا اتخاذ القرار تماما لذوي العلاقة فيما بينهم وبين الطبيب المعالج، دون أي محاولة للتأثير في اتجاه معين. وقد تدارست الندوة هذا الموضوع وأوصت بما يلي:

أ ـ ينبغي تهيئة خدمات الإرشاد الجيني للأسر و المقبلين على الزواج على نطاق واسع وتزويدها بالأكفاء من المختصين مع نشر الوعي وتثقيف الجمهور بشتى الوسائل لتعم الفائدة.

ب ـ لا يكون الإرشاد الجيني إجباريا، ولا ينبغي أن تفضي نتائجه إلى إجراء إجباري.

ج ـ ينبغي إحاطة نتائج الإرشاد الجيني بالسرية التامة.

د ـ ينبغي توسيع مساحة المعرفة بالإرشاد الجيني في المعاهد الطبية والصحية والمدارس وفي وسائل الإعلام والمساجد بعد التحضير الكافي لمن يقومون بذلك.

هـ ـ لما كانت الإحصاءات تدل على أن زواج الأقارب (رغم أنه مباح شرعا) مصحوب بمعدل أعلى من العيوب الخلقية، فيجب تثقيف الجمهور في ذلك حتى يكون الاختيار على بصيرة، ولا سيما الأسر التي تشكو تاريخا لمرض وراثي.

في مجال الأمراض التي يجب أن يكون الاختبار الوراثي فيها إجباريا أو اختياريا:

أ ـ السعي إلى التوعية بالأمراض الوراثية والعمل على تقليل انتشارها.

ب ـ تشجيع إجراء الاختبار الوراثي قبل الزواج، وذلك من خلال نشر الوعي عن طريق وسائل الإعلام المسموعة والمرئية والمقروءة والندوات والمساجد.

ج ـ تناشد السلطات الصحية بزيادة أعداد وحدات الوراثة البشرية لتوفير الطبيب المتخصص في تقديم الإرشاد الجيني، وتعميم نطاق الخدمات الصحية المقدمة للمرأة الحامل في مجال الوراثة التشخيصية والعلاجية بهدف تحسين الصحة الإنجابية.

د ـ لا يجوز إجبار أي شخص على إجراء الاختبار الوراثي.

ومن الواضح أن المنظمة لم تتطرق لغاية اليوم لموضوع مهم وهو الرأي الشرعي في التشخيص الجيني للجنين قبل الولادة، وما يترتب من نتائج على القيام بمثل هذا التشخيص المبكر، أو على الأقل إنني لم أعثر على أي شيء يتعلق بهذا الموضوع بعد زيارتي لموقعهم الرائع الذي وضعوه على شبكة الإنترنت العالمية والذي يمكنكم زيارته للتزود بآخر الأخبار على العنوان التالي: www.islamsee.com

وإنني أعتقد أن القيام بالتشخيص الجيني لبعض الأمراض التي يمكن علاجها حاليا كمرض البيلة الفينيلية (PKU) يعد أمرا ضروريا ولازما لحماية المريض. وإذا تم تشخيص المرض قبل الولادة فإن ذلك سيساعد الطبيب على البدء بالمعالجة قبل أن يولد الجنين، أي أن تتم المعالجة وهو في رحم أمه، وهذا أفضل من أن يتأخر التشخيص وبالتالي تتأخر المعالجة إلى ما بعد الولادة. وهناك نوع من الأمراض التي ليس لها معالجة في وقتنا الحاضر وتنقسم إلى قسمين: الأول وهو الأمراض التي يمكن للإنسان أن يعيش معها ولكن بصعوبة وألم كبيرين للعائلة وللمريض، ولذلك فإن التشخيص المبكر لهذا النوع من الأمراض قد يؤدي إلى دفع العائلة للقيام بعملية الإجهاض بشكل مبكر، ويعد هذا وقاية أكثر منه علاجا، والنوع الثاني يتعلق بالأمراض التي تعرف من قبل العلماء بالأمراض القاتلة أي أن المريض سوف يموت لا محالة وإن عملية التشخيص المبكر ستسهل على العائلة التخلص من الجنين الذي سيموت بعد ولادته، وهذا النوع يمكن تقسيمه أيضا إلى مجموعتين: فهناك من يموت أثناء أو بعد الولادة بأيام وهناك من قد يعيش عشرات السنين مع المرض وبعدها يموت. ويضاف إلى ذلك نوع خاص من الأمراض الذي سيظهر على صاحبه في فترة متأخرة من الحياة نسبيا (في سن الأربعين) ويموت بعد عشر سنوات من ظهور المرض، ومثال على ذلك مرض (هونتينغتن). ولعله من المفيد بل من الضروري معرفة رأي الفقه الإسلامي في تحليل أو تحريم التشخيص الجيني لمثل هذه الأمراض.



٦ الجينات والبيئة وأحجية «أسبقية الدجاجة أو البيضة»

«لماذا لا تموت العصافير بالسكتة القلبية؟».

المؤلف

يحدث التطور الوراثي (الرقي الوراثي) للأنواع أو الأجناس ـ بما فيها الجنس البشري ـ نتيجة للتغيرات المستمرة التي تصيب الجينوم عند انتقالها من جيل إلى جيل، ويجب أن نعلم أن كل شخص يعيش على هذه الأرض يتميز بجينوم لا مثيل لها على الإطلاق، فهي بتركيبها الحرفي لا يوجد لها شبيه في وقتنا الحاضر بين أكثر من ستة مليارات شخص، ولم يحمل شبهها لها (في تركيبها الحرفي) أي بشر منذ أن جاء الإنسان إلى هذا الوجود، يضاف إلى ذلك أن العصور القادمة في تاريخ الإنسانية، ومهما امتدت أو طالت، فلن تخلق مثيلا، وهذا يعني أن كل إنسان عاش ويعيش أو سيعيش إنما هو نسخة فريدة بتركيبها الوراثي، وهذا يدل على أن هناك قوة حقيقية تدفع بهذا التنوع الهائل في الوجود الإنساني وهذا يحفظ للحياة معناها وديمومتها بشكل طبيعي وعفوي، ومن هنا تأتي خطورة استخدام بعض التقنيات الجديدة في عمليات التكاثر البشري، كاستخدام الاستنساخ،



أو محاولات التحسين الوراثي للجنس عن طريق اللعب بالجينات التي ستؤدي إلى القضاء على التنوع الطبيعي الذي تتمتع به كل الأجناس التي تعيش معا على الأرض. إن استخدام الاستنساخ في عملية التكاثر سيخلق أنواعا متماثلة ومتطابقة، أي أنه سيؤدي إلى تحطيم القاعدة التي بني عليها وجودنا، وهي قاعدة الاصطفاء الطبيعي التي ستتغير إلى طريقة أخرى تعتمد على الاصطفاء الموجه الذي لا أحد يعرف نتائجه على وجودنا المستقبلي.

لقد طرح دارون (١٨٠٩-١٨٨٢) نظرية التطور التي تنص على أن النوع أو الجنس، خلال جيل معين، يتضمن أفرادا يختلفون فيما بينهم بالصفات الوراثية التي يحملونها فمنهم من يحمل ذخيرة وراثية قوية، ومنهم من يحمل في خلاياه صفات أقل قوة، ويعتقد دارون أن الأفراد الذين يحملون الصفات الوراثية القوية سيكونون ممثلين بدرجة أكبر في الجيل الذي يليه، وهذا ما سماه الاصطفاء الطبيعي للأنواع. ويعتقد معظم العلماء الآن أن النوع أو الجنس ليس ثابتا، وأنه يتطور باستمرار، وأن هناك ما يمكن تسميته بالقوة التطورية، وأن وقود عملية التطور يستند إلى التغيرات الناتجة عن عملية التكاثر نفسها وعملية أخرى تنتج عن تأثير البيئة الخارجية، وهذا التأثير يسبب التغيرات المستمرة للجينوم عن طريق إدخال بعض الطفرات غير القابلة للعكس، وهي تستمر في الأجيال المتعاقبة، وخير مثال على تأثير البيئة المحيطة هو ما يحدث في حالة مرض فقر الدم المنجلي الذي يعزى إلى طفرة في المورثة المنتجة لهيموغلوبين الدم الذي يملأ كريات الدم الحمراء ليساهم في عملية امتصاص الأوكسجين. ووجود هذه الطفرة في المورثة يؤدي إلى إنتاج بروتين طافر، ونظرا لبنيته الغريبة فإن ذلك يؤدي إلى ترسبه في الكريات مما يؤدي إلى قتلها (ولذلك سمي المرض فقر الدم)، وحين ذلك تأخذ الكريات شكل المنجل أو الهلال (ولذلك سمي المنجلي)، وتنتشر هذه الطفرة بشكل واسع في غرب ووسط أفريقيا وفي منطقة الجزيرة العربية، ويمكن أن تصيب ٣٠٪ من السكان في بعض البلدان، وقد تؤدي إلى الموت نتيجة لفقر الدم. وعندما اكتشفت أمريكا نقل الأوروبيون كثيرا من الأفارقة كعبيد إلى العالم الجديد، وقد نقل هؤلاء معهم الطفرة إلى شمال القارة الأمريكية. وتشير الأبحاث الحديثة إلى أن المرض يكون أقل قسوة وينتشر بنسب أقل بين أبناء السود

المصابين بهذه الطفرة، الذين يعيشون في أمريكا، مقارنة بأبناء عمومتهم الذين استقروا في أفريقيا ولم يبرحوها. ويمكن فهم هذا التأثير المستمر للبيئة في تركيب الجينوم من خلال التجربة، فيكفي أن نرى ما يحدث للجينوم في مجموعة معينة من الحشرات التي تتعرض لرش المبيدات في منطقة ما جيلا بعد جيل، فسيكون هناك اصطفاء لبعض الصفات التي سنراها تتركز في المجموعة. وهنا يبرز دور البيئة وتأثيرها المحتمل على الجينوم خلال الأجيال المتعاقبة، وهو يتمثل بتوالد جينات جديدة لم تعرفها المجموعة قبل ذلك. وموضوع توالد الجينات يؤيده ما نراه من أمراض جديدة تصيب الإنسان كمرض عجز المناعة المكتسب AIDS «الايدز» أو المرض الجديد المسمى الالتهاب الرئوي اللانمطي Severe Acute SARS) Respiratory Syndrome) «سارس». وقد قدمت قراءة الشفرة الوراثية للإنسان، وبعض الكائنات الأخرى، دليلا آخر على تفاعل جينومات الكائنات الحية معا، فقد وجدنا أن الجينوم البشري يتكون - في بعض مناطقه - من جزر تتماثل مكوناتها (الحروف التي تشكلها) مع أحرف جينومات بعض الحمات الراشحة (الفيروسات)، ويبدو أنه خلال التاريخ الطويل لوجود الإنسان - يقدر بمائة ألف سنة - فقد أخذ الإنسان نسبة لا يستهان بها من جينومات الفيروسات والجراثيم ودمجها مع مورثاته. وكلنا يعرف، أن «د. ن. أ» الفيروسات عندما يهاجم الإنسان فإنه يدخل إلى الجينوم ويندس بين ثناياها، وإذا قرر أن يغادرها فإنه يأخذ معه بعض أجزائها، وهذا الذي يشرح سبب التغير المستمر في بنية الفيروسات، ففيروس الرشح المعروف يتغير تركيبه أكثر من مرة خلال السنة الواحدة نتيجة لتفاعله مع الجينوم البشري، فيغير فيها ويتغير. ويعتقد بعض العلماء، أن المحرك الخفي وراء تطور الجينوم البشري هو تفاعلها الدائم مع «د. ن. أ» الكائنات التي تهاجم الإنسان، وكما ذكرت آنفا، فإن قراءة أحرف الجينوم البشري قد بينت أن بعض مناطقها المترامية تحتوي على مواد وراثية من أصل فيروسي، ويمكن أن نتخيل أن هذه المواد الوراثية الفيروسية قد دخلت إلى جينوم الإنسان عن طريق ولوجها خلايا الأعراس (النطفة والبويضة)، وبذلك فهي تستمر في الانتقال في جينوم الأجيال المتعاقبة.

من المعروف الآن، أن البيئة المحيطة (وليس المورثات فقط) تلعب دورا في تكوين الشخصية، ولمعرفة ذلك الدور شاهد الجدول المرافق الذي يوضح أن التوائم الحقيقية (المتطابقة وراثيا) التي تملك النمط الوراثي نفسه و تعيش في بيئات مختلفة يكون الفرق في حاصل الذكاء I Q بين أفراد التوءم الواحد منها أكثر منه لدى التوائم التي تعيش في بيئة واحدة، وهذا يؤكد الدور الذي تلعبه البيئة في تكوين الشخصية.

الصفة المدروسة	التوائم التي تعيش في بيئة واحدة	التوائم التي تعيش في بيئات مختلفة
الفرق في الطول	١.٧ سم	١.٨ سم
الفرق في الوزن	٤,١ ليبرة	٩,٩ ليبرة
الفرق في حاصل الذكاء IQ	٥,٩	٨,٢
إمكان الإصابة بمرض السكري (١)	١٠٠٪	١٠٠٪

وتثبت التوائم الحقيقية أن هناك تأثيرا للبيئة في بعض الصفات، كالذكاء أو الوزن، بينما يختفي أي تأثير للبيئة ـ وتبقى الجينوم سيدة الموقف - بالنسبة لإمكان الإصابة بمرض السكري (النوع الأول)، أي أن التركيبة الوراثية هي التي تلعب دورا رئيسيا، وكأن تأثير عوامل البيئة الخارجية على سلوك الجينوم في هذا المجال يكون معدوما.

وحول موضوع التفاعل بين المورثات، والبيئة المحيطة، يؤكد البروفسور Robert Sapolsky من جامعة ستانفورد: أن البيئة التي يعيش فيها الإنسان لها أهمية الجينات نفسها، في تحديد وبناء الشخصية بما في ذلك طريقة إصابته بمختلف الأمراض، أي أنه يريد القول : إن الجينات ليست كل شيء، بل إن الظروف المحيطة به قد تلعب دورا يماثل دور الجينات في الأهمية (المرجع ٣٠)، فمرض انفصام الشخصية Schizophrenia هو مرض وراثي، أي أنه توجد مورثة معينة تسمى مورثة انفصام الشخصية، ولكن وجود هذه المورثة بشكلها الطافر يؤدي إلى وجود احتمال ٥٠٪ أن يكون الشخص الذي يحتوي على الطفرة الجينية، مصابا بمرض انفصام الشخصية، بمعنى أن

هناك ٥٠٪ من الحالات التي تكون فيها مورثة الانفصام معطلة، ولكن على الرغم من ذلك فإن صاحب الطفرة لن يصاب بمرض الانفصام والمراد قوله هنا: إن جينة الانفصام وحدها ليست كافية للإصابة بالمرض، ولكن هناك عوامل البيئة المحيطة، التي تتدخل لحدوث المرض، ويقول العالم Sapolsky إنه يوجد شرطان لا بد من تحققهما معا حتى يصاب الشخص بمرض الانفصام، أولهما: أن تكون مورثة الانفصام موجودة. وثانيهما: أن يتعرض الشخص لبيئة معينة تسهم في تكميل عمل جينة الانفصام ويقول أيضا: إن الجينة الواحدة تستطيع أن تقوم بوظيفتين مختلفتين بحسب اختلاف البيئة التي يعيشها الإنسان، وفي واقع الأمر، فإن فهم العلاقة بين الجينات والعوامل البيئية المحيطة سيحتاج إلى دراسات مطولة، قد تحتاج إلى عشرات السنين، وفي حال أننا وصلنا لفهم هذه العلاقة، فإن ذلك سيؤثر تأثيرا واسع النطاق على المستقبل البشري، وستساعد النتائج التي أفرزها مشروع الجينوم البشري على التسريع في عملية الفهم هذه. ومن الأمور التي يمكن تصورها عندئذ، أن تحدث هجرات واسعة للعنصر البشري، مما قد يؤدي إلى نشوب الحروب للتنافس على مكان معين، حيث إن هذا المكان يتميز ببيئة تساعد بعض البشر الذين يتميزون بجينومات خاصة، وإن التعايش في ذلك المكان الخاص مع هؤلاء البشر، سيسمح لهم بالعيش للمائة سنة الأولى من حياتهم من دون أن يصابوا بأي مرض، وقد يدفع بعض الناس أو الأمم (حيث يتميز أبناؤها بالتقارب الجيني) للعيش في مكان يكون له التأثير السلبي في مورثاتهم فيبدأون بالموت وهم ما يزالون شبابا، حيث يتكاثر السرطان وأمراض القلب والأمراض النفسية وغيرها.

والمثال الآخر على أن الجينات وحدها (بمعزل عن البيئة) لا تشكل كل شيء بالنسبة إلى مصير الإنسان هو مرض المنغولي (Down's Syndrome) والذي يكون سببه الوراثي هو الزيادة في العدد الصبغي حيث يوجد في خلايا المصاب بالمرض صبغي إضافي وهو الصبغي رقم ٢١ أي أنه يوجد عنده ثلاث صبغيات بدلا من اثنين كما هي الحال في خلايا الإنسان الطبيعي. وهكذا فإن جميع الأشخاص الذين يحملون ثلاث نسخ من الصبغي رقم ٢١ سيصابون بالمرض، ولكن خطورة المرض ستكون مختلفة من مريض إلى آخر، وهذا يشير إلى أن المورثات ليست وحدها المسؤولة عن كل شيء، ففي حالة

المصابين بمرض المنغولي، فهم جميعا يشتركون بأن لديهم ثلاث نسخ من الصبغي ٢١ (أو ما يعادلها) ولكن ما لا يشتركون فيه هو أنهم لا يعيشون بالبيئة نفسها، ولذلك فإن خطورة المرض تختلف كثيرا من مريض لآخر، فهناك بعض المرضى الذين يصابون بنوبات عقلية خطرة، ومنهم قسم يكون هادئا، وديعا وقلما نشعر بمرضه. ويعتقد العلماء، أن عملية التفاعل بين المورثات مع بعضها يكون تحت سيطرة العوامل البيئية فمثلا تأثير مسحات الحنان ليد الأم على وليدها الرضيع سيؤدي إلى تنشيط بعض المورثات التي لها علاقة بنمو الجنين السوي على المستوى الجسماني والنفسي، ولم لا ونحن نعلم أن عند بعض الحيوانات صفة خاصة، وهي أنه لمجرد أن يشتم الذكر رائحة الأنثى فسوف يسبب ذلك أن كل المورثات التي لها علاقة بعملية التكاثر تبدأ بالتحرك والنشاط وهذا يوضح أيضا السر في تأثر الرجل والمرأة أحدهما بالآخر، فقد يتأثر الرجل نتيجة لرؤيته لامرأة جميلة أو العكس، وينطبق هذا على تأثرنا بكل ما تراه أعيننا أو تلمسه أيدينا أو ما نسمعه بآذاننا، فخبر الحزن سيحرك وينشط عمل مورثات غير التي يسببها خبر الفرح، ولذلك فإن العيش مع الحزن والظروف القاسية قد يدفع مورثة واحدة أو أكثر لآن تقوم بأعمال غير مرسومة وغير مخطط لها تعود إلى الضغط النفسي (Depression) ومما قد يصل بنا إلى نتائج أخطر نتيجة لاستمرار التأثير الخارجي على النوع نفسه من المورثات. وهنا يمكن أن نسأل: لماذا لا تموت العصافير بالسكتة القلبية؟ ولذا لم نشاهد في حياتنا عصفورا يهبط من السماء بعد أن توقف قلبه؟

العوامل الخارجية والطفرات في الـ«د. ن. أ»

الخطر الآخر الذي يعده العلماء بمنزلة المسبب الرئيسي للطفرات في الخلايا يكمن في مجموعة الإشعاعات (الشمسية وغيرها) التي تتعرض لها أجسامنا بشكل مستمر، وهي التي تؤثر بشكل مباشر على «د. ن. أ» الخلية. ويعتبر العالم Herman Muller أول من أثبت أن العوامل الخارجية المحيطة يمكنها أن تسبب حدوث الطفرة في الـ «د. ن. أ»، وكان ذلك في عام ١٩٢٧ حين أثبته في تجربته الشهيرة على ذبابة الفواكه Drosophila وبعد أن تبينت أهمية ذلك البحث فقد قررت اللجنة المشرفة على جائزة نوبل أن تمنحه

جائزة نوبل في الطب والفزيولوجيا في عام ١٩٤٦ أي بعد ما يقارب العشرين عاما من تاريخ التجربة، وكان ذلك بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية وضرب اليابان بالقنابل الذرية في هيروشيما وناغازاكي، وما أحدثته من دمار رهيب، وبذلك تحول العالم Muller إلى الرمز والأب الروحي للمنظمات غير الحكومية التي نادت بتحريم التجارب النووية على سطح الأرض مستشهدين بالنتائج العلمية التي حصل عليها مولر. وقد قام مولر بمعالجة نطف ذبابة الخل بتركيز قوي من أشعة إكس (X-Ray) وعندما استخدمت النطف المعرضة للأشعة في تلقيح بويضات من ذبابة سليمة تبين له أن الذباب الجديد يتميز بصفات جديدة بعضها قاتل وبعضها الآخر أنتج مخلوقات جديدة بأشكالها وصفاتها ووجد أن هذه الصفات الجديدة حافظت على الانتقال إلى الأجيال المتعاقبة باستمرار وبانتظام، وقد استنتج أن الأشعة أحدثت طفرة في المادة الوراثية للذبابة، ولهذا فإن الصفات الجديدة حافظت على ديمومتها في الأجيال المتعاقبة (المرجع ٣١).

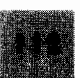
أما الإشعاع الذري المتمثل بالإشعاعات α γ β فإن تأثيرها على تخريب مادة الـ «د. ن. أ» يبدو مؤكدا، وتدعمه بالإضافة إلى التجارب المخبرية بعض الحوادث التاريخية، ويتجلى بإدخال الطفرات التي تسبب التشوهات الخلقية وأمراضا كثيرة من أهمها مرض السرطان بأشكاله كافة. ففي السادس والعشرين من أبريل ١٩٨٦ وفي مدينة شيرنوبيل الأوكرانية انفجر المفاعل الذري الذي يولد كهرباء المدينة، ما أدى إلى كارثة ضخمة على سكان المدينة وما جاورها. ومن أبرز المواد المشعة المستخدمة في المفاعل مادة الأيودين Iodine-131 ومادة السيزيوم Cesium-137. وقد تعرض الناس لهاتين المادتين المشعتين بتركيزات عالية، وقد لاحظ الأطباء أن نسبة سرطان الغدة الدرقية (Thyroid) قد ارتفع بين الأطفال الذين يعيشون في تلك المناطق. وقد أشارت بعض الدراسات الأخرى التي أجريت على مواطنين من جمهورية روسيا البيضاء التي تقع على بعد ٢٠٠ كيلومتر إلى الشمال من مدينة شيرنوبيل إلى ازدياد ملحوظ يصل إلى الضعف في عدد الطفرات الناتجة داخل مادتهم الوراثية. وللعلم فإن عدد الطفرات قد تضاعف مرات كثيرة أيضا بين الحيوانات التي تعيش في تلك المنطقة، فقد وجد العلماء أن عدد الطفرات قد ارتفع إلى ٢٠٠ ضعف في الحيوانات التي تعيش بالقرب من مركز المفاعل

النووي إذا ما قورنت بنظيرتها التي تعيش على مسافة ٣٠ كيلومترا باتجاه الجنوب (المرجع ٣٢) وقد تبين للعلماء أن «د. ن. أ» الميتوكوندريا لتلك الحيوانات والمقدر طوله بحوالي ١٧٠٠٠ حرف قد كان عرضة للطفرات بمعدل ٤ طفرات في كل ذرية (جيل).

وهناك عوامل خارجية أخرى تؤثر سلبا في تركيب المادة الوراثية المتمثلة في الـ «د. ن. أ» ومنها الإشعاعات الكونية الأخرى، ولا سيما من الشمس، وأهم هذه الإشعاعات هي الأشعة فوق البنفسجية التي تسبب طفرات في «د. ن. أ» الخلايا الجلدية والتي تقود إلى الإصابة بسرطان الجلد. ويوجد أيضا بعض الإشعاعات التي تنبعث من الكرة الأرضية.

ومن المواد الأخرى التي توصف بأن لها تأثيرا طافرا (mutagen) يمكن أن نذكر مادة القطران الموجودة في نبات التبغ الذي يستخدمه معظم الناس في شكل السيجارة أو الشيشة، أو غير ذلك، وقد بات معروفا أن مادة القطران تسبب حدوث طفرات في بعض الجينات المكلفة بالدفاع عن الخلية، ومن أهم الجينات جينة p53 التي تتحكم بنمو الخلية وتسيطر عليها في مراحل مختلفة من مراحل الحياة الخلوية، وقد تبين أن هذه الجينة تكون طافرة في الخلايا التي تبطن أغشية الجهاز التنفسي، بما في ذلك الفم والرغامى والرئتان، وهكذا فإن تأثير القطران الموجود في التبغ يسبب تخريب «د. ن. أ» الجينة، و يسبب لها عجزا كاملا، ما يؤدي إلى أن تنقسم الخلايا بشكل عشوائي ومن دون أي مراقبة من قبل جينة الـ p53، وهذا يقود إلى تشكل السرطان في مجاري التنفس، وخاصة سرطان الرئتين.



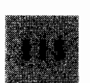


7 طب المورثات بين الحلم والحقيقة

«إن الخطوات التي يسير بها العلم قد تكون أسرع من تلك التي يقطعها المجتمع في مفاهيمه وثوابته».

المؤلف

بعد إعلان نتائج العلماء في مشروع الجينوم البشري في الخامس عشر من شهر فبراير ٢٠٠١، بدا أن عدد المورثات الموجودة في كل خلية من خلايا الإنسان لا يتجاوز الأربعين ألف مورثة، وهو أقل بكثير من التوقعات السابقة التي كانت قد توقعت أن عدد المورثات الموجودة في الجينوم البشري قد يصل إلى مائة وعشرين ألف مورثة (المرجع٣٣)، وهذا العدد يعادل ضعف عدد مورثات ذبابة الفواكه، وهو أكثر بقليل من عدد المورثات الموجودة في جينوم الفأرة، وهكذا فإنه يبدو أن عدد مورثات الكائن الحي لا يتناسب مع درجة تطوره ورقيه، والظاهر أن العامل المهم في درجة تطور أي كائن حي هو مبرمج في قدرة المورثات على التفاعل والتأثير بين بعضها والبعض الآخر. ويبدو الآن واضحا أن المورثة الواحدة قد يمكنها أن تترجم لتعطي أكثر من بروتين واحد، وكل بروتين منتج يقوم بوظيفة مختلفة عن البروتين الآخر، وهكذا فإن المفهوم السائد بأن كل مورثة موجودة في الجينوم لها وظيفة واحدة في الخلية وذلك من خلال البروتين الذي يترجم عنها



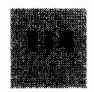
لن يدوم طويلا. وهكذا فإن طب المستقبل سيعتمد بشكل كبير على فهم الآلية التي تعمل بها كل مورثة من مورثات الجينوم. وكما أننا نعرف أنه لا يمكن للطبيب أن يكون جراحا ماهرا من غير أن يفهم البنية التشريحية للجسم، أي أن يكون فاهما للتشريح الدقيق لكل عضو من أعضاء الجسم على حدة، وكذلك يجب أن يفهم طريقة اتصال الأعضاء بعضها ببعض، كذلك سيعتمد تطور وتقدم الطب الحديث على فهم البنية التشريحية للمورثات، وسيكون من الضروري قبل أن يُعتمد أي دواء جديد معرفة كيفية تأثيره بدقة على مستوى المورثة.

وكما أن هناك اختصاصات كثيرة في علم الطب كالجراحة والطب النفسي وطب الأطفال وطب العيون، من الواضح أن الطب الحديث أو طب المستقبل سيعتمد بشكل كبير على النتائج والمعلومات التي يجري الحصول عليها من مشروع الجينوم البشري. ويعتقد معظم الباحثين في العلوم الطبية أن السنوات القليلة القادمة ستبشر بمولود جديد هو العلم الذي يسمى طب المورثات (Genes Medicine) الذي يعتمد على التركيز لمحاربة جذور المرض بطرق تعتمد على إصلاح الخلل الوراثي ضمن الخلايا، واستراتيجيات الإصلاح للمورثة المسببة للخلل تختلف من مرض لآخر، ومن مورثة لأخرى، ويمكن ترتيبها على النحو الآتي:

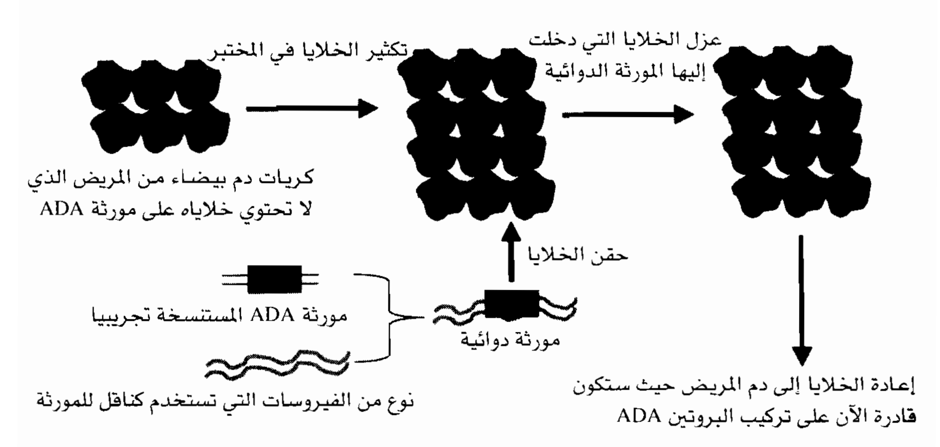
- إصلاح الخلل الوراثي، بإدخال نسخة سليمة للمورثة لتحل محل النسخة المصابة لدى الشخص المصاب، ويقتصر الإصلاح على الخلايا الجسمية، دون التعرض للخلايا التكاثرية من نطف وبيوض.

- إصلاح الخلل الوراثي في الخلايا التكاثرية للمصاب بالمرض الوراثي، حتى يتم استئصال الخلل نهائيا، ويستبعد نهائيا من الأجيال المقبلة، وهذا النوع من المعالجة لما يبدأ إلى الآن، حيث إن العمل على الخلايا التكاثرية قد يؤدي إلى نتائج لا تحمد عقباها قد تظهر في الأجيال القادمة، ويوضع حاليا على هذا النوع من الأبحاث مراقبة صارمة من الدول والحكومات مما أدى إلى عدم معرفتنا بالنتائج المتوقعة وظلت رجما بالغيب.

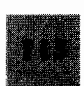
ويمكن القول إن علم طب المورثات قد بدأ فعلا في عام ١٩٩٠، حيث أجريت أول محاولة ناجحة لعلاج مرض وراثي في الرابع عشر من سبتمبر ١٩٩٠ حين تمت معالجة الطفلة Ashanthi DeSilva وهي في الرابعة من عمرها، والتي كانت تشكو من مرض العجز المناعي المسمى Severe Combined Immune Deficiency (SCID) والذي يكون سببه وجود طفرة المورثة المسماة Adenosine Deaminase (ADA)، والتي إذا تعطلت نتيجة لحدوث طفرة فإن الطفل سيولد فاقدا المناعة



بشكل كلي، ويكون معرضا للموت في حالة إصابته بأي نوع من الجراثيم، ويوجد لهذا المرض المناعي أكثر من نمط وتتدخل فيه أكثر من مورثة، فعندما تكون المورثة الطافرة موجودة على الصبغي الجنسي الأنثوي (X- Chromosomes) فإن انتقال المرض من جيل لآخر سيختلف عن الطريقة التي سينتقل بها إذا كانت المورثة المصابة تقع على أحد الصبغيات الجسمية (Autosomal Chromosomes)، كما هي الحال بالنسبة إلى الطفلة «أشانتي» حيث إن فقدان الأنزيم ADA في خلايا المنشأ سيؤدي إلى اضطراب في عمل بعض خلايا كريات الدم البيض (T and B Lymphocytes) الذي سيؤدي إلى الموت عند الأطفال نتيجة لأي التهاب بسيط أو نتيجة للسرطان الذي ينتج نتيجة للعجز المناعي التام. وقام العلماء بوضع مورثة ADA سليمة داخل أحد الفيروسات، وبعد ذلك أدخل الفيروس (الحامل للمورثة الدوائية ADA) إلى كريات الدم البيضاء المحتوية على الطفرة في البروتين ADA، وبمجرد دخول الفيروس إلى داخل الخلية فإن مادته الوراثية مع المورثة ADA، سوف تندمج في داخل جينوم الخلية المريضة، وهذا سيؤدي إلى أن البروتين ADA سيكون متوافرا في الخلية وسيقوم بعمله المعتاد في تمكين الكريات من عملها الدفاعي عن الجسم (الشكل التوضيحي رقم ١٢، المرجع رقم ٣٤)



الشكل (١٢): رسم توضيحي لأول عملية جراحة وراثية طبقت على الطفلة Ashan-thi DeSilva المصابة بمرض العجز المناعي (SCID) وقد جرت العملية في ١٤ سبتمبر ١٩٩٠ وكان عمر الطفلة حينها ٤ سنوات، وقد حقنت الخلايا مرة ثانية بعد ستة شهور، وقد تبين أن المورثة الدوائية استطاعت أن تزود الطفلة بالبروتين الذي ينقصها والذي حسن مناعتها، وفي نهاية عام ١٩٩٥ كانت تتمتع بصحة جيدة وتذهب إلى المدرسة كباقي أقرانها (المرجع: Blaese et al , 1995).



بالنسبة إلى مرض العجز المناعي الذي يكون سببه مورثة موجودة على الصبغي إكس فإن وجود الطفرة في خلايا المنشأ في نقي العظام سوف يمنعها من التمايز الطبيعي لإعطاء كريات الدم البيضاء المسؤولة عن الدفاع المناعي، وهكذا يكون الأطفال الذكور المصابون بهذه الطفرة الوراثية قد حرموا من خلاياهم الدفاعية، وبهذا فإنهم لن يقدروا على مقاومة أبسط الأمراض التي تؤدي إلى وفاتهم مباشرة بعد إصابتهم بأي جرثومة أو فيروس، وكلنا يذكر قصة الطفل الأمريكي المسمى دافيد الذي ولد في ولاية تكساس الأمريكية في عام ١٩٧١ وكان أبواه يعرفان أنه سيولد وهو مصاب بذلك المرض، حيث كانا قد فقدا ابنهما الأول نتيجة إصابته أيضا بالمرض نفسه، وكان الحل الوحيد المتوافر أمامهما في ذلك الحين هو أن يوضع (دافيد) منذ ولادته في غرفة زجاجية معزولة؛ الهدف منها عزله بشكل تام عن العالم الخارجي حتى لا يتعرض لأي إصابة جرثومية خارجية، وقد بقي يعيش وحده ضمن الغرفة الزجاجية المبسترة لمدة ١٢ عاما على أمل أن يستطيع الأهل إيجاد الشخص المناسب له مناعيا لكي يتبرع له بنخاع العظام ليتم زرعه له واستبدال نخاعه الذي يحتوي على الطفرة، وطوال هذه الفترة الطويلة لم يستطع الأهل العثور على الشخص المناسب، ولذلك قرر أبواه أن ينجبا أختا له (فلو كان المولود ذكرا فهناك احتمال ٥٠٪ أن يكون مصابا بمرض دافيد نفسه)، وبالفعل فقد ولدت أمه أختا له، ولحسن الحظ فإنها كانت مطابقة له مناعيا وقد تم عزل نخاع عظمها، واستخدم الأطباء كل الوسائل المتوافرة آنذاك للتأكد من أن نخاع عظم الأخت لا يحتوي على أي إصابة جرثومية أو فيروسية، وبعد التأكد من ذلك قرر الأطباء إجراء العملية، وتمت زراعته لأخيها دافيد، ولكن للأسف فإن دافيد قد فارق الحياة بعد أخذ نخاع أخته، وكانت حسرة الأهل كبيرة عندما علموا أن دافيد قد مات لأن نخاع أخته كان يحتوي على فيروس «نائم»، ولم يستطع الأطباء تحديد وجود أي أثر له، لأنها كانت تتمتع بجهاز مناعي صحيح، وبالتالي فإن الفيروس بمجرد انتقاله إلى جسم دافيد استيقظ من النوم ولم يجد من يقاومه فقتل دافيد.

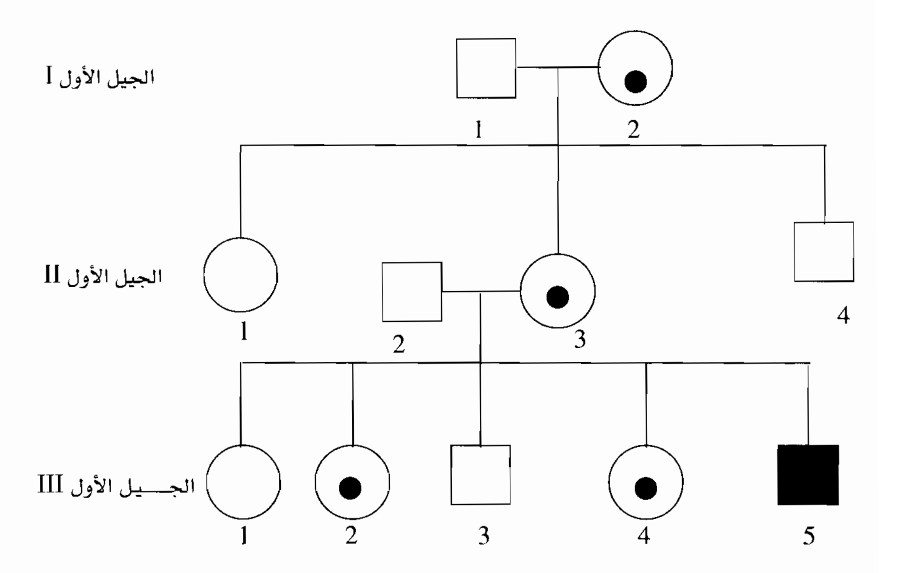
وهناك محاولة أخرى لعلاج مرض فرط الكوليستروليما العائلي (المرجع ٣٥)، وهو مرض وراثي ينتقل من الأهل إلى أولادهم بالطريقة المتنحية، أي أن الشخص سيصاب بالمرض حين يرث من كلا الأبوين مورثة طافرة (لكل صفة من الصفات توجد نسختان من المورثات واحدة تأتينا من آبائنا والنسخة الثانية من أمهاتنا)

وهكذا فإن خلايا المريض المصاب بفرط الكوليسترول يوجد فيها خلل في نسختي المورثة LDL receptor المسؤولتين عن استقبال الكولسترول الضار واستبعاده من الدم، وعند وجود العطل في نسختي المورثة فإن الكوليسترول الضار سيرتفع في الدم، ويظهر المرض نتيجة للزواج بين الأقارب، وارتفاع الكوليسترول في الدم سيؤثر في القلب والكبد ويؤدي إلى تلفهما، ولذلك فإن العلاج الكلاسيكي لهذا المرض هو عملية زرع للقلب أو للكبد وما تتضمنه من صعوبات وتعقيدات خاصة فيما يتعلق بتوافر الأعضاء القابلة للزرع وقد استطاع أحد الباحثين أخذ عينة من خلايا الكبد المصابة من أحد المرضى وأضاف إليها نسخة سليمة من المورثة المصابة، وأعاد الخلايا وزرعها في كبد المصاب، حيث تبين له أن الخلايا المزروعة تقوم بعملية تنقية الدم من الكوليسترول الضار، وهذا يعد إنجازا رائعا لهذا النوع من المرضى، وهناك تطلعات نحو أن تتم عملية زرع وإيصال هذه النسخ العلاجية إلى داخل خلايا الكبد المصابة من دون الحاجة إلى إخراج الخلايا من كبد المريض.

علم جراحة المورثات

في داخل اختصاص طب المورثات يبرز، بشكل قوي، الآن إلى الوجود اختصاص جراحة المورثات، ففي عام ٢٠٠٠ استطاعت مجموعة من الباحثين الفرنسيين بقيادة الدكتورة Marina Cavazzana-Calvo من مركز البحوث القومي للصحة في باريس معالجة طفلين صغيرين مصابين بمرض العوز المناعي القاسي (Severe Combined Immunodeficiency -X1) الذي يعزى إلى وجود طفرة في إحدى المورثات الموجودة على الصبغي الأنثوي إكس (X)، ففي حالة وجود عطل في المورثة فإن الأبناء الذكور سيتعرضون للإصابة، أما الإناث فإنهن يحملن المرض ويورثنه إلى ٥٠٪ من أبنائهن الذكور (شاهد نمط توارث الأمراض التي توجد جيناتها على الصبغي إكس في الشكل رقم ١٣)، ولهذا فإن أعمال مجموعة البحث الباريسية التي جرى نشرها في أشهر المجلات العلمية في شهر أبريل من عام ٢٠٠٠ (المرجع ٣٦) يعد أول عمل حقيقي في مجال الجراحة الوراثية حيث تمكنوا من إدخال مورثة سليمة إلى نخاع العظم لطفلين مصابين بمرض دافيد نفسه، وقد تبين لهم أن خلايا النخاع لدى الطفلين بدأت بالتمايز والتطور لكي تعطي سلالة الخلايا التي تستطيع أن تهاجم الجراثيم والفيروسات، وشرعت

تقوم بدورها الوظيفي عند الطفلين، وقد أظهروا في منشورهم أن عدد الخلايا المناعية قد ارتفع عند الطفلين ليصل إلى العدد نفسه الموجود عند الأطفال الذين يتمتعون بصحة جيدة لعدم وجود الطفرة الوراثية في خلاياهم. وفي مفاجأة هزت العاملين في مجال المعالجة الوراثية نشرت مجلة «الطبيعة» في آخر العام ٢٠٠٢ (المرجع ٣٧) خبرا عن موت أحد هؤلاء الأطفال الذين يتلقون العلاج الجيني بالسرطان، وقد أعلنت البروفسورة Marina Cavazzana-Calvo أنها ستوقف العلاج الجيني على جميع الأطفال الآخرين حتى تتمكن وزملاؤها من معرفة سبب السرطان الذي أصاب الطفل بشكل مفاجئ.



الشكل (١٣): يمثل شجرة العائلة لأحد المصابين بمرض SCID-X1. وتمثل الأنثى الحاملة للمرض بدائرة وفي داخلها نقطة سوداء أما الأنثى غير الحاملة للمرض فتمثل بدائرة مفرغة ويمثل الذكر السليم بمربع فارغ أما الذكر المصاب بالمرض فيرمز له بالمربع الأسود، وهكذا نجد أن الأنثى الناقلة للمرض رقم ٣ في الجيل الثاني سوف تورثه إلى ٥٠٪ من الأبناء الذكور (الذكر رقم ٥ في الجيل الثالث)، في حين أن ٥٠٪ من بناتها الإناث سيرثن المورثة المصابة (الأنثى رقم ٢ في الجيل الثالث) ولكن لا يظهرن المرض ولذلك يطلق عليهن اسم «الناقلات للمرض».

وهناك مثال آخر يتعلق بإمكان استخدام الجراحة الجينية لعلاج الأمراض النفسية، فقد اكتشف العلماء (المرجع ٣٨) وجود طفرة في مورثة موجودة على الصبغي الجنسي الأنثوي، وهذه المورثة تكون مسؤولة عن إنتاج الأنزيم Monoamine oxidase A ووجود الطفرة في داخل الدماغ يؤدي إلى فقدان الأنزيم الذي سيؤثر في مستوى هرمون Noradrenaline وSerotonin، ومن المعروف أن اضطراب تلك المواد الهرمونية في الدماغ سيؤدي إلى دفع الشخص للقيام بأعمال إجرامية، وهكذا فإن تصليح الطفرة عن طريق الجراحة الجينية سوف يعيد الشخص إلى طبيعته، وطبعا فإن هذا النوع من الأبحاث له حساسية خاصة ويتطلب حذرا شديدا في عملية تفسيره، حيث إن المجتمع سيجد نفسه، أمام بعض الحالات الإجرامية، عاجزا عن فرض العقوبة المطلوبة، وسيسأل القاضي نفسه ألف مرة قبل أن ينطق بحكمه على المجرم، وهنا يعود السؤال المحوري ليطرح نفسه: هل الإنسان مسؤول فيما إذا خلق وفيه عاهة تؤدي به إلى عمل كالجريمة؟ وهكذا فإن التطور العلمي الذي نعيشه الآن سيفتح المجال لتغيرات واسعة في المفاهيم السائدة للمجتمعات، وفي جميع الأحوال فإن ما يقدمه العلم الآن قد أصبح موضوعا أساسيا في مادة الحوار بين الفلاسفة وعلماء الاجتماع والساسة ورجال الدين ومن المتوقع أن هذا الحوار سيستمر لفترة طويلة من دون القدرة على إعطاء الإجابة الشافية، وهنا تبرز الخطورة، فالخطوات التي يسير بها العلم قد تكون أسرع من تلك التي يقطعها المجتمع في مفاهيمه وثوابته.

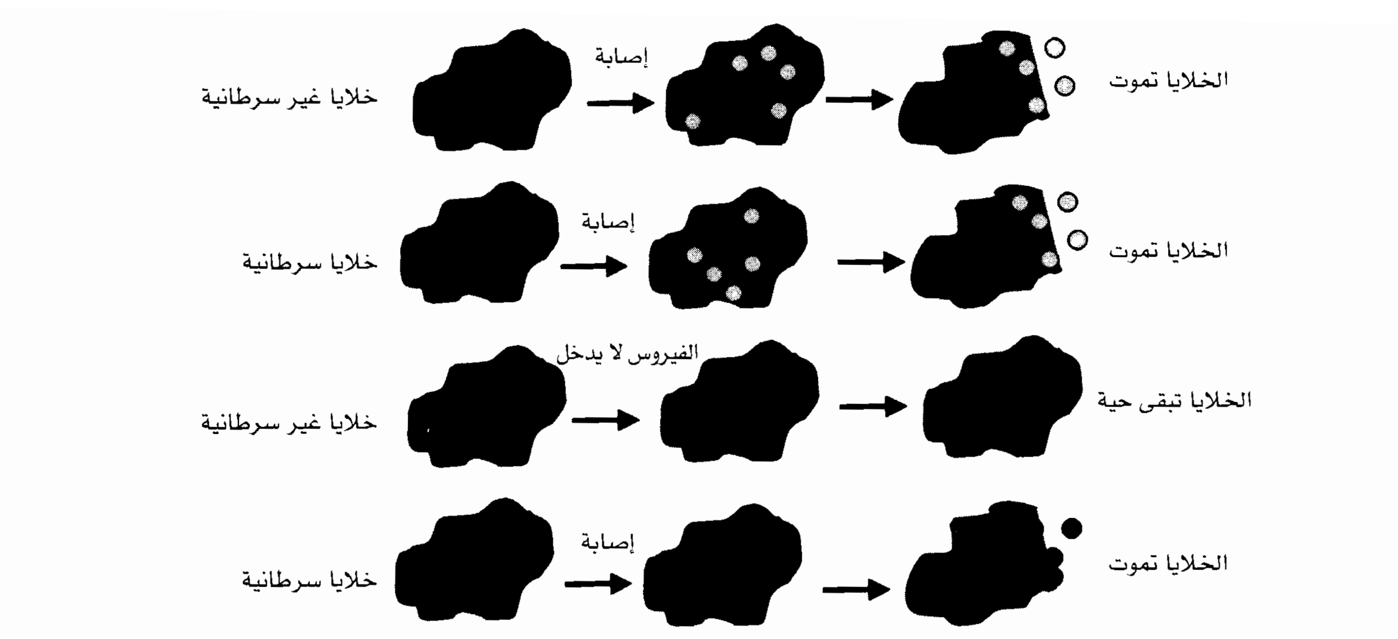
الطرق الجينية في علاج الأورام السرطانية

المثال الآخر على الطريقة التي يمكن بها معالجة بعض الأمراض هي محاولة التأثير في عمل المورثات، ويحدث ذلك بإيقاف كامل أو جزئي وبشكل انتقائي لنشاط بعض المورثات التي يكون المرض ناتجا عن إفراط في نشاطها، كالذي يحدث في معظم

حالات السرطان، حيث يزيد نشاط بعض المورثات المسماة مورثات السرطان Oncogene ويجري الآن تجريب أكثر من طريقة للتأثير في قدرة المورثة التعبيرية (Gene Expression: انظر التعريف). وقد يتطلب هدف المعالجة الجينية أحيانا زيادة نشاط المورثة حيث يكون في بعض الحالات سبب السرطان يكون ناتجا عن توقف المورثة عن عملها، وهذا يحدث نتيجة لبعض الطفرات التي تصيب المورثات المسماة المورثات المانعة للسرطان أو Tumor Suppressor Genes، وهذا النوع من المورثات يتحكم ويراقب عن قرب عملية الانقسام الخلوي وهو الذي يعطي إشارات مباشرة أو غير مباشرة للخلية للتوقف عن الانقسام، وحين تفقد الخلية تلك المورثات المهمة فإن الخلية تنقسم وتتكاثر من دون توقف، وهو ما يؤدي إلى تكوين الأورام السرطانية، ولهذه المورثات أيضا دور كبير في التحكم بحياة الخلية، حيث تستطيع أن تؤدي إلى الموت المبرمج للخلايا (Programmed Cell Death (Apoptosis، وبالتالي فإن جهد العلماء يتركز الآن على محاولة إصلاح للخلل الذي تصاب به هذه المورثات يؤدي إلى إعادة الحياة لهذه المورثات لتقوم بعملها المتمثل بمراقبة تكاثر الخلية ومراقبة عملية الموت المبرمج للخلايا، وتجري الآن عدة محاولات، في أكثر من مركز علمي، لمعالجة سرطانات الرئة والجهاز التنفسي التي تنتج في معظمها نتيجة لحدوث خلل أو طفرة في المورثة المانعة للتسرطن المسماة p53، وهذه الطفرات قد تنتج من المواد المسرطنة الموجودة في قطران السجائر (المرجع ٣٩) وتجري المعالجة بمحاولة إدخال نسخة سليمة لمورثة p53 إلى الخلايا السرطانية عن طريق استنشاق مادة معينة، وعند دخول هذه المورثة السليمة فهي ستندمج في الـ «د. ن. أ» الموجود داخل نواة الخلية السرطانية، وعندها ستقوم بعملها المعتاد المتمثل في منع انقسام الخلايا السرطانية ومساعدتها على الدخول في عملية الموت المبرمج (شاهد الشكلين رقمي ١٤ و ١٥).

نوع السـرطان	طريقة المعالجة الجينية المستخدمة
سرطان الدماغ	زرع نوع من الخلايا المعدلة وراثيا (يتم بإضافة المورثة HSV - TK) في دماغ المصاب لكي تصنع المورثة المضافة سما قويا ينتقل إلى الخلايا السرطانية ويقتلها.
سرطان الثدي	حقن نوع من الخلايا التي أضيف لها مورثة MDR1 أو مورثة IL4 إلى المريضة والتي ستقوي الجهاز المناعي للمريضة وتمكنه من مهاجمة الخلايا السرطانية وقتلها.
سرطان القولون	استخدام فيروسات أضيف لها مورثة MDR1 ونشر هذه الفيروسات في الخلايا السرطانية، ويقوم البروتين المنتج من تلك المورثة بمساعدة الخلايا السرطانية على الاستجابة للأدوية وعدم تكوين ما يسمى بمقاومة الأدوية التي تعتبر ظاهرة عامة.
سرطان المبيض	استخدام فيروسات أضيفت لها مورثة p53 لتقوم بوقف نمو الخلايا السرطانية أو قتلها.
سرطان الرئة	استخدام فيروسات أضيفت لها مورثة Antisense KRAS التي ستخرب د. ن. أ المورثة KRAS مما يؤدي إلى توقف انقسام وتكاثر الخلايا السرطانية.
سرطان الجلد	استخدام مادة Liposomes لشحن وإيصال مورثة HLA-B7 الى الخلايا السرطانية والتي ستؤدي إلى تقوية مناعة المريض ضد خلاياه السرطانية.

الشكل (١٤): يمثل بعض الأمثلة عن الطرق التي يجري التجريب عليها لمعالجة مرض السرطان وهي تعتمد على القتل المباشر للخلايا السرطانية أو تقوية الجهاز المناعي، ليتمكن من التعرف على الخلايا السرطانية والتخلص منها باعتبارها أجساما غريبة، وهناك طرق أخرى تعتمد على إصلاح العطل الوراثي الذي يسبب السرطان.



الشكل (١٥): معالجة الخلايا السرطانية باستخدام الفيروسات المعدلة وراثياً، الفيروس E1B ◎ هو فيروس غير معدل وراثياً وهو يدخل إلى الخلايا السرطانية والخلايا غير السرطانية ويؤدي إلى موتها، أما حين يستخدم الفيروس ● المعدل وراثياً فإنه سيكون قادرا على دخول الخلايا السرطانية، أما الخلايا العادية فإنه لا يستطيع دخولها، وبالتالي لا تتأثر بالفيروس.

مرض ثلاسيمية البحر المتوسط Thalassemia وآمال العلاج الوراثي

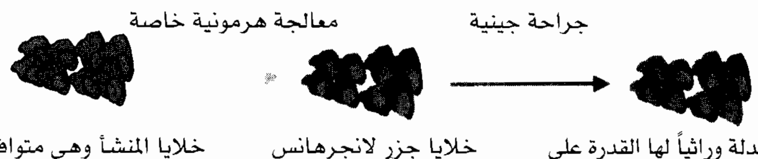
يقدر عدد المورثات حاليا بين خمسين ألفا ومائة ألف مورثة في داخل كل خلية من خلايا الجسم، وللعلم فإن هذه الخلايا لا تعمل كلها في وقت واحد، فالمورثات التي تعمل وتنشط داخل خلايا الدماغ قد تكون متوقفة عن العمل كليا داخل خلايا الجهاز الهضمي، وبعض المورثات التي تعمل بشكل جزئي في خلايا الجلد نجدها في أوج نشاطها داخل خلايا العظم، وهناك بعض المورثات التي تعمل موسميا في النسيج الواحد نفسه، وكمثال على ذلك المورثات التي تنتج مختلف أنواع بروتينات هيموغلوبين الدم، فبعض هذه المورثات يكون ناشطا خلال مرحلة التطور الجنيني، ويتوقف عملها فور ولادة الجنين، وبعضها الآخر يكون في فترة سبات عميق خلال الفترة الجنينية، ولا يبدأ حياته العملية إلا بعد ولادة الجنين.

وهيموغلوبين الدم الصباغ الدموي الأحمر اللون الذي تكون وظيفته الأساسية هي نقل الأوكسجين إلى جميع خلايا الجسم، وهو يوجد في خلايا الكريات الحمراء، هو بروتين مركب مكون من أربع سلاسل متنوعة من البروتينات.

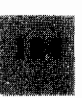
وقد أجريت تجربة ناجحة لمعالجة الفئران المصابة بمرض الثلاسيميا، وتم ذلك بإصلاح الخلل الموجود في نطاف وبيوض الفئران المصابة، مما يسمح بأن تلد هذه الفئران، إذا ما تزاوجت فيما بينها، فئرانا سليمة وخالية من العيب الوراثي (المرجع ٤٠ Tisdale)، ولكن لم يعط إلى الآن الإذن باستخدام هذه التقنيات على البشر، وذلك لعدم معرفة النتائج التي ستترتب على هذا النوع من المعالجة على المدى البعيد.

ومن الأمراض المرشحة للعلاج بطريقة الجراحة الجينية مرض داء السكري (Diabetes)، حيث إن العلاج المتوافر حاليا يعتمد على حقن مادة الأنسولين التي يتم تصنيعها في داخل جرثومة صغيرة، حيث يجري إدخال مورثة الأنسولين إلى داخل خلايا البكتريا، ويُسمح للبكتريا بالتكاثر في وسط مغذٍ ملائم، وستقوم مورثة الأنسولين بصنع بروتين الأنسولين بكميات كبيرة حيث يمكن عزله وتنقيته من البكتريا، وهذا الأنسولين النقي هو الذي يجري حقنه لمرضى السكري لعدة مرات في اليوم الواحد، وهذا أمر غير مريح بالنسبة للمرضى، ولذلك فإن العلماء والأطباء المختصين بعلاج السكري يبحثون عن طريقة علاج أفضل. وتتجه الأنظار إلى العلاج بالجينات، ويجرب العلماء الآن إمكان الحصول على خلايا المنشأ التي

تعطي خلايا جزر لانجرهانس التي توجد في البنكرياس، والتي تفرز الأنسولين وتحتوي على المورثة السليمة التي تركب الأنسولين، ويفكر العلماء في زرع هذه الخلايا في بنكرياس الشخص المصاب بداء السكري، ولكن المشكلة التي تعترضهم هي أن جسم المريض يرفض الخلايا المزروعة ويبعدها من البنكرياس، ولذلك فإن جهود العلماء تتركز الآن على حل اللغز وراء عملية الرفض، وهناك أكثر من مختبر يحاول الحصول بطرق الهندسة الوراثية على خلايا يجري قبولها وعدم رفضها بعد القيام بتغيير في البرامج الجينية التي تشغل الخلية؛ كأن يجري مثلا استبعاد بعض المورثات الموجودة داخلها، أو إضافة مورثات أخرى قد تكون ضرورية لتلائم الخلية مع بنكرياس المضيف، والحقيقة هي أن خلايا بنكرياس المضيف لها القدرة على أن تتعرف على الخلايا المزروعة بوساطة بعض البروتينات الموجودة على غلاف الخلايا المزروعة، وهذه البروتينات تلعب دور الرادار الذي يرسل بعض الأمواج التي تتعرف عليها الطائرات وهي في السماء، ولذلك فإن معرفة مصدر هذه الأمواج، وهو جينات محددة، سوف يحل مشكلة الرفض المناعي الذي سيتجلى بشكل بسيط باستئصال جراحي لهذه المورثات للخلايا المراد زرعها، وبالتالي فإنه سيكون من الممكن زرعها لكل الناس المصابين بداء السكري، لأن خلايا البنكرياس لديهم لن تتعرف على الخلايا المزروعة، وسيعدها صديقة له، أو ربما لا يشعر بها أو بوجودها في البنكرياس، وبالتالي ستبقى في الجسم وستقوم بإفراز الأنسولين مباشرة، وعندها لن يكون المرضى في حاجة إلى أخذ الإبر المؤلمة مرات عدة في اليوم الواحد (انظر الشكل ١٦).

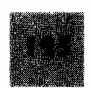


الشكل (١٦): مخطط يوضح التصور المستقبلي للطريقة التي يمكن بها تحويل خلايا المنشأ (خلايا البداءة الأصل) إلى نفس الخلايا الموجودة في جزر لانجرهانس وبعد ذلك تعاد البرمجة الجينية للخلايا بإضافة أو استئصال بعض الجينات التي ستساعد هذه الخلايا على التلاؤم مع بنكرياس المريض المصاب بداء السكري.



كل المحاولات التي تم ذكرها تعتمد على تطبيب المريض نفسه ولا تتدخل في إزالة المرض من نسله اللاحق، وهذا ما يسمى معالجة المورثات الجسمية أو الجسدية (Somatic gene therapy)، وتشمل الخلايا الجسمانية جميع الخلايا التي تكون الجسم باستثناء نوعين من الخلايا، وهما النطاف والبيوض. أما المعالجة التي تمتد إلى معالجة المريض نفسه بالإضافة إلى نسله فإنها تسمى معالجة المورثات الجنسية (Germ line gene therapy)، وهي التي تركز على معالجة الخلايا الجنسية (نطاف وبيوض)، والتي لم يسمح حتى الآن بممارستها في أي بقعة من العالم، وذلك لخطورة هذا النوع من التجارب التي لا يعرف مدى خطورتها على أجيال المستقبل. ولذلك فإن الجهود العلمية تتركز الآن على تطوير وتحسين أساليب معالجة المورثات الجسدية وعدم المساس بالمورثات الجنسية. وعلى الرغم من المراقبة الصارمة دوليا على ممارسة المعالجة الوراثية باستخدام الخلايا الجنسية التكاثرية، فإن هناك من يؤيد استخدامها، وحججهم في ذلك أن الطبيب يجب أن يستخدم كل الطرق المتوافرة لعلاج مريضه، وكذلك فإن من حق الأهل أن يطالبوا بإصلاح الخلل الكائن في خلاياهم الجنسية حتى يرزقوا أطفالا أصحاء وهم يوقنون بأن العلم التجريبي، يجب ألا يتوقف وألا تفرض عليه أي قيود. ومعظم الآراء التي تعارض استخدام التقنيات الجينية الجديدة على الخلايا التكاثرية تشير إلى الأخطار التي قد تسببها المعالجة الجينية للخلايا التكاثرية على الأجيال القادمة، وخوفهم من أن يتم استخدام هذه الطريقة لإدخال تغييرات دائمة على الجنس البشري وما سيؤدي إليه من نتائج لا يمكن التكهن بها (المرجع ٤١).

والسؤال الذي يطرح نفسه هو عن نوعية الأمراض والعيوب التي تصيب الإنسان والتي يتوجب علاجها بطرق الجراحة الجينية؟ وهناك اتفاق تام على أن الأمراض الخطيرة كالسرطان وأمراض الدم والأمراض العقلية والعقم وغيرها كثير، يجب معالجتها بالطرق الوراثية. وهنا يبرز سؤال آخر عن الحالة التي ستؤول إليها المجتمعات حيث تغدو مجتمعات خالية من الأمراض، وعن كيفية تأثير ذلك في العلاقات الاجتماعية، ثم ما هي الحدود التي يجب اصطناعها لذلك. وقد يسأل سائل: إذا استطاع المجتمع أن يداوي كل الأمراض الموجودة الآن، عندئذ بأي نوع من المرض



سيموت البشر؟ وهل الغاية من ذلك هي إطالة عمر الإنسان؟ ولكن إلى أي مدى؟ ومن البديهي أن هذه النوعية من الأسئلة ستبقى مطروحة وإلى آماد طويلة...!

الأمر المهم هو أن نحدد تعريف المرض بدقة، فتصور، مثلا، أن العلم سيكون قادرا على تغيير لون الجلد، فبدلا من أن تبحث عن المرأة الشقراء، فيمكنك الزواج من السمراوات، ولكنهن سوف ينجبن أولادا يحملون مورثات باللون الذي تختاره، وهناك أمر التحكم بجنس الجنين، وقد شرع العلم يتحكم فيه فعلا، وهناك أيضا عملية التحكم بمورثات الذكاء والإبداع، فهل يمكن أن نعدل صفات البشر لتكون كاملة؟! فهل ستكون هذه القضايا وما قد يمكن عده مماثلا بالقياس، مسموحة؟! وتصور أن ذلك أصبح ممكنا فما شكل المجتمع الذي سيعيشه هؤلاء المعدلون وراثيا.

الأمراض الوراثية والطفرات

لقد عرف الإنسان الأمراض الوراثية منذ زمن قديم، ولكن لم تتضح له الآلية التي تنتقل بها من جيل إلى آخر إلا منذ سنوات قلائل، وقد استطاع الباحثون في جامعة Johns Hopkins القيام بتصنيف وجدولة أكثر من ٥٠٠٠ مرض وراثي يصيب الإنسان، ووضعوا قائمة تتضمن أسماء جميع هذه الأمراض على موقع خاص في شبكة الإنترنت العالمية، بالإضافة إلى بعض المعلومات الأخرى المتوافرة عن كل مرض (المرجعان ١٢ و٢٦). وعلى الرغم من التطور الذي حدث بالنسبة إلى فهم الكيفية التي تنتقل بها الأمراض الوراثية، لم يتمكن العلماء إلى الآن من تحديد المورثات المسؤولة عن جميع الأمراض الوراثية التي تم تصنيفها. ومن الواضح أنه تم تحديد وتعيين المورثات المسببة لألف مرض وراثي، أما أربعة الآلاف الأخرى فلم تعرف المورثات المسؤولة عنها، وهكذا يمكن القول إننا مازلنا في بداية الطريق التي تبدو طويلة، ويمكن تشبيه ذلك بالذي يدخل نفقا مظلما وقد بدا له بصيص من الضوء. وفي حقيقة الأمر فإن أحدا من العاملين في هذا المجال لا يرتاب في أن هذا النفق المظلم ستكون له نهاية قريبة، ولكن لا أحد منهم يعلم يقينا أننا بعد الخروج من هذا النفق سندخل في نفق آخر يكون المرور منه أكثر صعوبة، وقد يتعين على الإنسانية أن تنتظر قرونا طويلة قبل أن تحل جميع الألغاز المتعلقة بالأمراض الوراثية، وهكذا بالنسبة لإمكان معالجتها بشكل

صحيح وفعال أو التخلص النهائي منها واستئصالها، كما استطاع الإنسان التخلص من مرض الجدري مثلا، هذا المرض الذي حصد من البشر أعدادا تفوق كل تصور. وعموما فإن أحدا لا يستطيع أن يضمن أو يؤكد، حتى لو استطاع الإنسان استئصال جميع الأمراض الوراثية التي نعرفها حاليا، أنه لن تظهر أمراض جديدة لم يعرفها التاريخ البشري. وكمثال على هذه الأمراض الجديدة مرض عجز المناعة المكتسب (الأيدز) الذي ظهر بشكل مفاجئ في عام ١٩٨٤. ومنذ أشهر قليلة بدأنا نسمع عن مرض جديد يسمى «سارس» أو مرض الالتهاب الرئوي غير النمطي الذي اكتُشف في الصين في بداية العام ٢٠٠٣، وقد أدى حتى الآن إلى وفاة أكثر من ٣٠٠ شخص في العالم وإصابة حوالى ستة آلاف (إحصاءات شهر مايو ٢٠٠٣)، وقد استطاع علماء في مدينة «فانكوفر» الكندية حل الشفرة الوراثية للفيروس المسبب للمرض، نشروها على شبكة الإنترنت العالمية حتى يتسنى لجميع المختبرات العالمية إعداد اختبارات فعالة لتشخيص المرض، ومن ثم محاولة فهم الآلية التي تسببه. وفك الشفرة الوراثية للفيروس المسبب للمرض سوف يتيح للعلماء معرفة ما إذا كان هذا الفيروس يشبه فيروسات أخرى، وكذلك معرفة آلية تطور الفيروس الجديد التي ستمكن العلماء من فهم آلية حدوث المرض وإمكانات علاجه.

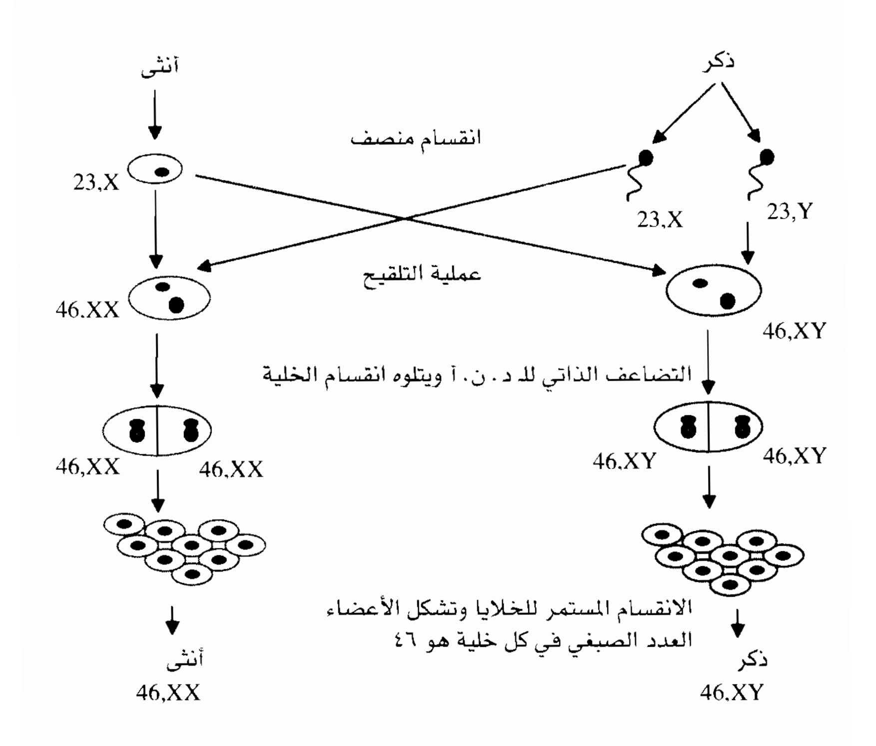
يتفق العلماء على أن جميع الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان يعود سببها الأول إلى التشوهات أو التغيرات التي تصيب الجينوم، وقد اصطلح على تسمية هذه التغيرات بالطفرات Mutations (انظر التعريف)، وهي تتمثل في تغير يصيب البنية التركيبية للجينوم، وقد يكون هذا التغير كبيرا (يصيب مساحة واسعة في الجينوم)، أو كما هي الحال في معظم الأحيان يكون متناهي الصغر (يصيب جزءا لا يعادل في حجمه واحدا من أجزاء المليار). ويجب القول إن تأثير هذه الطفرات على صحة الإنسان لا يتناسب وحجم الطفرة، فهنالك طفرات كبيرة جدا تكون ناتجة مثلا عن حصول كل خلية من خلايا الجسم على كروموزوم إضافي، كما هي الحال في الأشخاص المصابين بمرض المنغولي (Down's Syndrome)، وفي هذه الحالة يحصل الإنسان على أكثر من ١٠٠ مورثة مقارنة بالشخص السليم، وعلى الرغم من كل هذه الزيادة فإن المصاب بمرض المنغولي يمكنه العيش مع اختلاف كبير في الأعراض. وهناك بعض الأمراض التي قد تكون قاتلة نتيجة لوجود تغير طفيف في

الجينوم يتمثل بفقدان حرف واحد من حروف المورثة (تحتوي المورثة آلاف الحروف)، وهذا ما يحدث في المرض القاتل المسمى مرض تليف البنكرياس الحوصلي (Cystic fibrosis) الذي ينتشر بين الأوروبيين بشكل كبير.

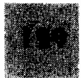
وتكون بعض الطفرات الوراثية غير ضارة وهذا ما يسمى بالتعدد الشكلي أو بوليمورفيسم Polymorphism (انظر التعريف)، وهي تصيب - عادة - المناطق غير الفعالة من الجينوم (تشكل هذه المناطق ما يقدر بنسبة ٩٥٪ من حجم الجينوم الكلي)، أما الطفرات الضارة فهي التي تصيب المناطق الفعالة أو النشطة من الجينوم (تشغل نحو ٥٪ من مساحة الجينوم)، وهكذا ولحسن الحظ فإن معظم الطفرات التي تصيب الجينوم تكون غير ضارة، لأنها تقع في المناطق الشاسعة من الـ «د. ن. أ» غير الفعال. وللعلم فإن بعض الطفرات الضارة قد تكثر في أمة دون أخرى، فأكثر الأمراض الوراثية شيوعا هو داء التلون الدموي (Hemochromatosis) الذي يصيب واحدا من بين كل عشرة أشخاص من الأوروبيين، ومرض تليف البنكرياس الحوصلي (Cystic fibrosis) الذي يصيب واحدا من بين ٢٥ شخصا من الأوروبيين. وللعلم فإن انتشار هذين المرضين خارج العرق الأوروبي يكاد يكون معدوما. أما مرض فقر الدم المنجلي (Sickle Cell Anemia) فهو ينتشر بشكل واسع بين الأفارقة والسود الأمريكيين (تردد المرض ١/٥٠٠). وهناك مرض فقر الدم البحري (Thalassemia) الذي ينتشر بشكل واسع بين سكان منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط.

ولكن كيف يتم إدخال هذه الطفرات إلى «د. ن. أ» خلايانا؟ معظم الطفرات التي تصيب الـ «د. ن. أ» تحدث خلال عملية تضاعف أو نسخ الـ «د. ن. أ» التي تسبق عملية الانقسام الخلوي، حيث إن على الخلية قبل أن تنقسم لتعطي خليتين أن تضاعف محتواها من الـ «د. ن. أ» وعند عملية تضاعف الـ «د. ن. أ» فإنه يتوزع بالتساوي على الخليتين الناتجتين عن عملية الانقسام (شاهد الشكل ١٧). وهكذا فإن أي خطأ يحدث خلال عملية التضاعف هذه فإن الخطأ سوف يورث إلى الخلايا البنات (الشكل التوضيحي لآلية حدوث الطفرات). تتسم عملية تضاعف الـ «د. ن. أ» بأنها تجري بدقة متناهية، وتستغرق عملية نسخ «د. ن. أ» الخلية نحو سبع ساعات يتم فيها نسخ (كتابة) أكثر من ٣,٢ مليار حرف من حروف الـ «د. ن. أ» التي يتألف منها جينوم الخلية البشرية. ويشترك في عملية النسخ هذه جيش عرمرم وحشد من الجنود والضباط وصف الضباط يتمثل بعدد كبير من البروتينات أو الأنزيمات. وتقوم الأنزيمات خلال عملية النسخ بوظيفة

إدخال الأساس المناسب في المكان المناسب على قالب التركيب الأساسي، فمثلا، عندما يكون الحرف المراد نسخه هو A، وهو يعني «أدنين» فإن أنزيما خاصا سوف يجلب الأساس (أو الحرف) T الذي يعني «ثايمين» إلى قالب التركيب. وحين يراد نسخ الحرف C فإن الأنزيمات ستقوم بإدخال الحرف G إلى السلسلة الجديدة، ويجري هذا بانتظام وترتيب على أعلى مستويات الدقة، ولكن على الرغم من ذلك فإن هذه الأنزيمات تخفق في بعض الأحيان في عملها وبدلا من إدخال الأساس المناسب فإنها تخطئ وتدخل أساسا آخر وهنا تحصل الطفرة.



الشكل (١٧): يمثل حلقة تكاثر الإنسان من وجهة النظر الصبغية: تتشكل خلايا النطاف والبويضات والتي تحتوي على نصف العدد الصبغي (٢٣) نتيجة لعملية الانقسام المنصف الذي يطرأ على الخلايا الجنسية الموجودة في المبيض والخصية والتي تحتوي في الأصل على ٤٦ صبغيا. وبعد عملية اللقاح ونتيجة لاندماج خليتين معا فإن العدد الصبغي لخلايا الجنين المتشكل سيحتوي عدداً صبغياً تاما مؤلفاً من ٤٦ صبغيا.



وهذا النوع من الإخفاق يحدث مرة واحدة في كل ١٠٠٠٠٠ حرف، ولكن معظم تلك الأخطاء تقوم بواسطة أنزيمات أخرى من أصحاب الرتب الأعلى، وعلى الرغم من ذلك فقد تبقى بعض الأخطاء من دون تقويم في الـ «د. ن. أ» المنسوخ، وحتى لو تدخل القائد العام للجيش. وتقدر نسبة هذه الأخطاء غير القابلة للتصحيح بخطأ واحد خلال نسخ عشرة ملايين أساس، ويتناسب عدد الأخطاء الواردة في عملية النسخ مع عمر الخلية؛ ففي الخلايا الشابة تكون نسبة الأخطاء قليلة جدا وتكون الأخطاء مرتفعة النسبة في الخلايا الكبيرة السن، فمثلا تزيد نسبة الإصابة بمرض المنغولي حين يكون عمر الأم أكثر من الأربعين وقت الإنجاب، وقد تبين أيضا أن الإصابة بمرض الناعور (Hemophilia) يتناسب طردا مع عمر الأب، ولقد تبين للعلماء حديثا، أن «د. ن. أ» الرجل يكون أكثر عرضة للطفرات مقارنة بـ «د. ن. أ» المرأة بنسبة ٢ إلى ١ (المرجع ٤٢).

ورشة إصلاح الطفرات

إن كل خلية من خلايا الجسم قد زودت بورشة ضخمة مختصة في عمليات إصلاح الطفرات التي تنتج بشكل عفوي، ومن دون سابق إنذار في «د. ن. أ» الخلية. وتتألف هذه الورشة من عشرات المورثات (بوساطة البروتينات المنتجة من كل مورثة) التي تسهر ليل نهار على حماية «د. ن. أ» الخلية من الإصابة بأي أذى سواء أكان خارجيا أم كان داخليا من الخلية نفسها، ويحدث ذلك بدقة متناهية حيث يوجد بروتين خاص وظيفته الأساسية هي النظر إلى سلسلة الـ «د. ن. أ»، وبمجرد أن يشعر بأن هناك حرفا من حروف الجينوم في غير مكانه الصحيح فإنه يقرع جرس الإنذار، وبهذا يحضر بروتين أو أنزيم آخر مباشرة إلى مكان وقوع الحادث (مكان الوجود الخاطئ للحرف) مهمته الوحيدة هي التأكد من صحة الادعاء التي وردت من البروتين الأول، فإذا كان هذا الادعاء حقيقيا فعند ذلك سيدعى عدد من المهندسين المختصين (بروتينات) للحضور فورا إلى مكان الحادث حيث يقوم المهندس الأول بقطع الحرف الخاطئ من جهة اليمين، ويأتي المهندس الآخر ليجهز على الحرف الذي دخل خطأ في غير محله ويستبعد بذلك من مكان الحادث، حينئذ يحضر كبير الفنيين ليدخل الحرف الصحيح، وعند ذلك سيطلب من أحد

المعاونين أن يحكم عملية الإلصاق على جانبي الحرف وذلك ليتم تثبيته بشكل دائم، وبعد انتهاء عملية التصليح يعود كل شخص إلى مكانه المعتاد، وذلك ليقوم بعملية تصليح أخرى في حالات الطوارئ، وتتكرر هذه العملية آلاف المرات في داخل كل خلية، خاصة في أثناء عملية تضاعف الـ «د. ن. أ» التي تسبق عملية انقسام الخلية. وقد تتعذر عملية التصليح هذه نتيجة لمرض أحد المهندسين العاملين في هذه الورشة الطوارئية المذهلة.

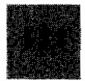
أمراض الصبغيات

تصيب الأمراض المرتبطة بالصبغيات جميع أنواع الكائنات الحية سواء أكانت إنسانا أم حيوانا أم نباتا، ولكن المعلومات المتوافرة عن تكرار وانتشار هذه الأمراض عند الإنسان، أكثر مما هو معروف عند الكائنات الأخرى، ولكن يبدو أن طريقة انتشارها تتشابه كثيرا مع الطريقة التي تصيب بها الحيوانات. تتعلق خطورة المرض الصبغي على حياة الإنسان بطبيعة الإصابة من حيث مستوى الصبغيات، فهنالك نوع من الخلل الصبغي الذي يؤدي إلى موت الجنين في المراحل الأولى من الحمل، وهناك نوع من الخلل الذي يؤدي إلى موت الجنين بعد الولادة مباشرة، وهناك بعض أنواع الخلل الصبغي التي لا تؤثر في الإنسان حتى يبدو وكأنه غير مصاب على الإطلاق.

الاسم الشائع	العدد الصبغي	الاسم الشائع	العدد الصبغي
الإنسان	٤٦	الماعز	٦٠
القط	٣٨	الكلب	٧٨
الجاموس	٦٠	الحمار	٦٢
البقرة	٦٠	الحصان	٦٤
الخنزير	٣٨	الخروف	٥٤

نسبة الانتشار لدى الإنسان

تختلف نسبة انتشار الأمراض الصبغية حسب المرحلة العمرية التي تقاس فيه، فإذا قيست نسبة الانتشار بين حديثي الولادة (أي في الأسبوع الأول بعد الولادة) فإن النسبة ستكون إصابة واحدة بين كل ٢٠٠ ولادة، وتتدرج أعراض المرض



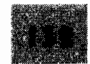
الصبغي عند الطفل المصاب من كونها ظاهرة بشكل واضح وقاس، مما يؤدي إلى موت الطفل بعد وقت قصير من الولادة، أو أن تكون غير واضحة حيث يبدو الطفل عند الولادة وكأنه سليم ولا يعاني أي مرض كان، ولكن مع تقدم العمر فإن الأعراض ستبدأ بالظهور، وهذا طبعا يعتمد على طبيعة ونوع المرض الصبغي. وكقاعدة عامة فإن إصابة هؤلاء الأطفال تكون طفيفة وغير مميتة، حيث إن الإصابة بالمرض الصبغي لا تتعارض مع التطور الجنيني واستمرار الحمل حتى نهايته وولادة الجنين. وكمثال على ذلك، بعض الإصابات الصبغية التي تؤدي إلى أمراض العقم، فالمصاب يكتشف أنه مصاب بمرض صبغي فيما بعد سن الزواج.

تكون نسبة انتشار الأمراض الصبغية مرتفعة جدا إذا ما حلت في المراحل المتقدمة من الحمل، فعندما دُرس انتشار الأمراض الصبغية بين الأجنة التي أُجهضت بشكل طبيعي في الأشهر الستة الأولى من الحمل تبين أن نصفها يحتوي على مرض صبغي معروف. وهذا يشير إلى أن الخلل الصبغي هو السبب الرئيسي في عملية الإجهاض وعدم قدرة الجنين على التطور الطبيعي. وعندما تم تحليل أجنة بعض الحيوانات في مراحل متقدمة من الحمل (الأسبوع الأول من الحمل) تبين أن نحو عشرة بالمائة منها تتضمن نوعا من أنواع الأمراض الصبغية، وهناك بعض أنواع الإصابات الصبغية التي تكون خطرة إلى الحد الذي يمنع حدوث عملية الإخصاب والتلقيح نفسها، وهذا يدل على أهمية الدور الذي تلعبه الجينوم في التطور الطبيعي والسليم لجنين الكائن الحي.

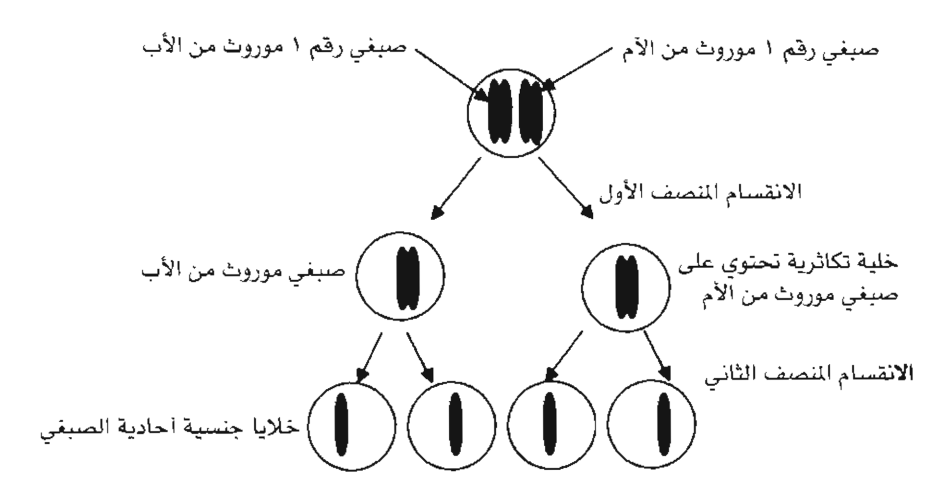
أنواع الخلل الذي يصيب الصبغيات

تنقسم أنواع الخلل الذي يصيب الصبغي إلى أنواع كثيرة تتجلى بمجملها في الخروج عن البنية الطبيعية التي تتسم فيها الجينوم، وقد يرتبط الخلل بزيادة أو نقصان في عدد النوتيدات التي تدخل في تركيب الجينوم، وأحيانا يحدث الخلل دون ذلك، و يتجلى بالمحافظة على العدد الطبيعي للنوتيدات الداخلة في تركيب الجينوم، ولكن يحدث الخلل نتيجة لإعادة ترتيب النوتيدات ضمن الجينوم بطريقة مغايرة لما هو مألوف. و يمكن تقسيم هذا النوع من الاضطرابات كالآتي:

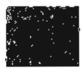
١ـ خلل واضطراب في العدد الصبغي: من المعروف أن لكل كائن حي عددا معينا ومحددا من الصبغيات، وأن أي زيادة أو نقصان في هذا العدد ستؤدي إلى عدم قدرة الخلية على القيام بوظائفها بشكل طبيعي. وهنا يمكن أن نقسم هذا النوع من الخلل في العدد الصبغي، أيضا، إلى ما يلي:



أ: أحادي الصبغي أو Monosomy، وهي الحالة التي يحدث فيها نقص في أحد الصبغيات. وكما هو معروف فإن العدد الصبغي في كل خلية من خلايا الإنسان هو ستة وأربعون، وهي ثلاثة وعشرون متوارثة من نطفة الأب وثلاثة وعشرون تم الحصول عليها من بويضة الأم (انظر الشكل ١٨)، وهكذا فإنه يوجد في الخلية صبغيان متماثلان (وهكذا نقول إن الصبغي الخامس عشر يوجد منه اثنان: صبغي خامس عشر موروث من الأم وصبغي خامس عشر آخر موروث من الأب)، ما عدا الصبغيات الجنسية، فإن خلية الذكر تحتوي على صبغي واحد Y وصبغي واحد X، أما الخلايا الأنثوية فتحتوي على صبغيين من النوع X، ولا تحتوي على الصبغي (Y). وكمثال على الحالات الأحادية الصبغي هناك مرض يصيب الإناث يسمى بمرض (تورنر) نسبة إلى العالم الذي وصفه لأول مرة وهو Turner، ويتمثل بفقدان أحد الصبغيين X الموجودين في خلايا الأنثى، وتكون الصيغة الصبغية 45,X0 بدلا من الصيغة المعروفة للأنثى وهي 46,XX. إن فقدان أحد الصبغيات الأخرى يؤدي إلى موت الجنين في مراحله الأولى ولذلك لا يوجد إنسان واحد على وجه هذه الأرض تحوي خلاياه نقصا في أي صبغي من الصبغيات رقم ١ إلى رقم ٢٢.



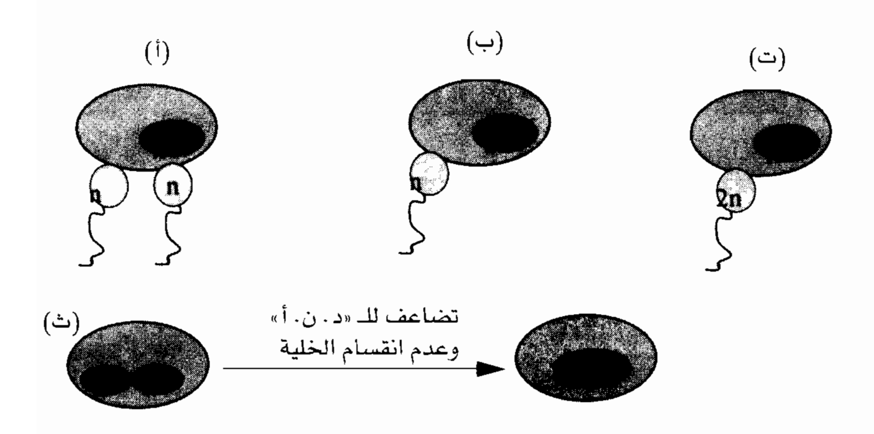
الشكل (١٨): الانقسام المنصف الأول والثاني الذي يطرأ على الخلايا الجنسية التكاثرية ويؤدي إلى تنصيف العدد الصبغي، وفي هذا الشكل تم إظهار ما يحدث في حالة الصبغي رقم ١، وهذا ينطبق على جميع الصبغيات الأخرى.



ب: صبغي ثلاثي أو Trisomy، وهي الحالة التي يزيد فيها العدد الصبغي ليرتفع إلى سبعة واربعين صبغيا بدلا من ستة وأربعين وهذا يحدث نتيجة لاحتواء الخلية على ثلاثة صبغيات متماثلة عوضا عن صبغيين كما هي الحال في الخلايا السليمة، ويحدث ذلك لأن البويضة أو النطفة التي استخدمت في التلقيح كانت تحتوي (ونتيجة لغلط حصل أثناء تكونها) على أحد الصبغيات بشكل مضاعف (من المعروف أن البويضة أو النطفة السليمة يجب أن تحتوي على ثلاثة وعشرين صبغيا كلها مختلفة بعضها عن بعض). ولكن في هذه الحالة يوجد ثلاث نسخ من الصبغي الحادي والعشرين في كل خلية من خلايا الجسم. هذه الحالة تسمى بمرض داون أو المرض المغولي ـ Down's Syndrome) (Mongolism ويعتقد الباحثون أن الصبغي رقم واحد وعشرين يحوي مورثة مهمة جدا، وبما أن الخلية السليمة تتضمن نسختين من الصبغي الحادي والعشرين فإن الوضع الأمثل لعمل الخلية هو وجود نسختين فقط من تلك المورثة. وفي حالة المنغولية، فإن الخلية ستحتوي على ثلاث نسخ من تلك المورثة وبما أن كمية أي بروتين في الخلية تتناسب مع عدد نسخ المورثات المقابلة لذلك البروتين فإنه يعتقد أن هذا المرض ينتج عن زيادة في كمية البروتين الذي يُنتج من إحدى المورثات المتواجدة على الصبغي الحادي والعشرين، وأن هذه الزيادة الكمية في البروتين تؤثر سلبا (وقد تقوم مقام السم) على نمو خلايا الدماغ، ولذلك فإن أهم أعراض هذا المرض هو الإصابة بالتخلف العقلي. وللأسف فإن تلك المورثة لم تُحدَّد إلى الآن بالضبط، ولكن يبقى الأمل قائما خاصة بعد أن حُلَّت الشفرة الوراثية للصبغي الحادي والعشرين، وكان ذلك ضمن أبحاث مشروع الجينوم البشري (المرجع ١١)، حيث يعتقد أن المعرفة التامة لتركيب الصبغي الحادي والعشرين سوف تسهل عملية التحديد الدقيق لتلك المورثة، عندئذ سيصبح من الممكن التفكير بطريقة علاج ناجعة للقضاء على هذا المرض، وخاصة فيما إذا كان المسؤول عن هذه الحالة مورثة واحدة وحسب.

ج: التثليث الصبغي أو Triploidy، وهي الحالة التي يوجد فيها ثلاث نسخ من كل صبغي (٢٣×٣) في نواة خلية المريض، أي أن العدد الصبغي سيبلغ تسعة وستين صبغيا. وسبب هذه الحالة أو حالات أخرى يكون فيها أربع نسخ من كل صبغي أو أكثر هو أن البويضة (التي تحوي ثلاثة وعشرين صبغيا) تُلقَّح بأكثر من نطفة وفي حالة التثليث الصبغي تساهم البويضة بعدد ثلاثة وعشرين صبغيا، وتسهم النطفة

الأولى بثلاثة وعشرين والنطفة الثانية بثلاثة وعشرين وهكذا يكون العدد الإجمالي للصبغيات في البيضة الملقحة تسعة وستين صبغيا، وعليه فخلايا الجنين قد تحوي عددا زائدا وغير ملائم لحياة الجنين، ولذلك فإن الجنين لن يستمر إلى نهاية الحمل ما عدا حالات استثنائية قليلة يصل فيها الجنين إلى نهاية الحمل، ولكنه سرعان ما يموت بعد ساعات من الولادة، وعند تحليل هؤلاء المرضى تبين أن جسمهم مكون من نوعين من الخلايا: النوع الأول ويحتوي على عدد صبغي نظامي (ستة وأربعين) ونوع آخر من الخلايا يحوي تسعة وستين صبغيا، ويسمى هذا النوع من المرضى بالهجين أو الفسيفسائي Mosaic، إشارة إلى أنه مكون من أكثر من نوع من الخلايا (شاهد الشكل رقم ١٩).



الحالة أ: تتم في ٦٦ ٪ من الحالات حيث يتم تلقيح بويضة بواسطة نطفتين.

الحالة ب: تتم عندما يتم تلقيح نطفة مع بويضة فيها ضعف العدد الصبغي (١٠ ٪).

الحالة ت: هنا يتم تلقيح البويضة بواسطة نطفة حاوية ونتيجة لغلط في تشكلها على ضعف العدد الصبغي وهي تشاهد في حوالي ٢٤ ٪ من حالات خلل التثليث الصبغي. وفي معظم هذه الحالات يموت الجنين في مراحل متقدمة من الحمل أو الاستمرار لسويعات معدودة بعد الولادة.

الحالة ث: بعد عملية اندماج النطفة والبويضة يحدث خلل في عملية الانقسام الخلوي (يتضاعف الـ د. ن. أ دون أن يعقبه انقسام في الخلية نفسها). وهذه الحالة النادرة لا تسمح بالتشكل الجنيني والذي يؤدي إلى عدم تعشيش الجنين.

الشكل (١٩): آلية تثليث Triploidy وتربيع Tetraploidy العدد الصبغي في الخلايا المتشكلة بعملية اللقاح وهذه الحالات لا تلائم استمرار الحياة.



٢ـ بعض المواد الكيميائية السامة، كتلك التي تضاف إلى المواد الغذائية لإطالة حفظها، وقد تبين أن معظم المواد الموجودة في التبغ لها تأثير بالغ على التركيب الجينومي.

٣ـ الإصابة ببعض أنواع الفيروسات التي تندمج في جينوم الشخص المصاب مؤدية إلى تغيير في تتابع وترتيب الجينوم.

٤ـ دور لعوامل المناعة الذاتية: وهي تعتمد على قوة الجهاز المناعي لكل شخص ودوره في التخلص من الخلايا التي تحمل العيوب الوراثية فور حدوث الخلل.

ويعتقد أن معظم الحالات الممرضة والمتمثلة في حصول زيادة أو نقصان في العدد الصبغي يحدث في مرحلة محددة من مراحل تطور الخلايا التكاثرية (النطفة والبويضة) و يكون نتيجة لخلل وراثي أثناء عمليات الانقسام التي تطرأ على الخلايا التكاثرية قبل أن تُستخدم في الإلقاح، وبشكل خاص تلك التي تتجلى بحدوث خلل أثناء عملية الانقسام المنصف Meiotic Non- Disjunction (الشكل ١٨).

أمراض الصبغي الجنسي الأنثوي X

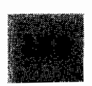
كما ذكرنا قبل قليل، فإنه يوجد في كل خلية من خلايا الأنثى صبغيان جنسيان أنثويان (إكس) X أما خلايا الذكر فإنها تتضمن صبغيا جنسيا أنثويا واحدا X وصبغيا جنسيا ذكريا واحدا (واي) Y. وهكذا فإن خلايا الأنثى، إذا ما قورنت بخلايا الذكر، فإنها تحتوي على ضعف عدد المورثات الموجودة على الصبغي الجنسي الأنثوي (وذلك لوجود صبغيين إكس)، وكما ذكرنا سابقا، فإن عدد المورثات يجب أن يكون محددا وإن أي زيادة أو نقصان في عدد المورثات سيؤثر سلبا على حياة الخلية، وهكذا فإن السؤال الذي يطرح نفسه هو: كيف تستطيع الخلية الأنثوية أن تستمر وهي تحوي ضعف عدد المورثات الموجودة في خلايا الذكر؟

لقد تبين بالتجربة (مرجع ٤٦) أن أحد الصبغيين الأنثويين في خلايا الأنثى يكون صامتا (أي إن جميع المورثات الموجودة عليه تكون غير فاعلة أو كما يقال «نائمة») أما الصبغي الآخر فتكون مورثاته فعالة ونشطة، وبما أن أحد الصبغيين يكون موروثا عن الأب والصبغي الثاني يكون موروثا عن الأم فإن معرفة ما هو الصبغي الذي سيكون صامتا، أهو الصبغي القادم من الأم أم

الصبغي القادم من الأب قد أخذت طويلا من وقت الباحثين المختصين في هذا المجال، وقد تبين مؤخرا أن عملية تحييد أو تنويم الصبغيات تحدث بشكل عفوي (عشوائي) فهناك قسم من خلايا الجسم في الأنثى يكون فيه الصبغي الموروث عن الأب غير فاعل وفي القسم الآخر من خلايا الجسم يكون فيه الصبغي غير الفاعل هو الصبغي الموروث من الأم (شاهد الشكل ٢٠)، وفي الواقع لم يتمكن العلماء إلى اليوم من معرفة الآلية التي تقوم عليها طريقة انتقاء الصبغي الذي سيجري تجميده أو «إسكاته»، أي لماذا يكون الصبغي القادم من الأب غير نشط في خلية ما، ولماذا في الخلية الأخرى المجاورة يكون الصبغي غير النشط هو الصبغي الموروث من الأم، والعكس بالعكس؟

بويضة ملقحة
صبغي موروث من الأب
صبغي موروث من الأم
انقسام الخلايا في المرحلة الجنينية المبكرة
كلا الصبغيين منشطان
عملية الإسكات تكون غائبة
وبعد التطور الجنيني يبدأ إسكات أحد الصبغيين بشكل عفوي في بعض السلالات الخلوية المكونة للجسم
صبغيات X غير نشطة
صبغيات X نشطة

الشكل (رقم ٢٠): رسم تخطيطي يوضح أن الخلايا المكونة لجسم الأنثى تحتوي على صبغي واحد نشط وآخر غير نشط. تم رسم الصبغي غير المنشط بشكل ملتو.



وبناء على هذا الوضع الذي يتجلى بوجود صبغي X غير نشط في خلايا الأنثى فقد استخدمت هذه الخاصية لتحديد الصيغة الصبغية للطفل الوليد ولمعرفة هل هو ذكر أو أنثى، وخاصة في بعض الحالات التي يولد فيها الجنين ولا يتمكن الأطباء من تحديد جنسه، وذلك لعدم وضوح جهازه التناسلي الخارجي (كما هي الحال في حالات الخنث) ويعتمد ذلك على أن الصبغي غير المنشط ستمكن رؤيته تحت عدسة المجهر ويظهر على شكل بقعة بيضاء تلتصق بجدار نواة الخلية وتسمى هذه البقعة جسيم بار نسبة إلى العالم Barr الذي رآها أول مرة. وبفضل ذلك يمكن أيضا كشف بعض الحالات المرضية عند الإنسان التي يكون سببها تضاعف في عدد الصبغي X في خلاياه.

في الوضع الطبيعي تحتوي الخلية الأنثوية على جسيم (بار) واحد وهو يمثل الصبغي X غير المنشط، أما في الخلية الذكرية فإن جسيم (بار) لن يتوضح حيث إن خلايا الذكر تحتوي على صبغي X واحد (وهو منشط)، فلذلك لا يظهر على شكل جسيم بار.

وإذا لم يظهر جسيم بار في خلية الأنثى فإن الحالة المرضية هي متلازمة تورنر Turner والصيغة الصبغية هي X0 , ٤٥ وعندما يظهر جسيم بار مرتين فإن الصيغة الصبغية هي XXX, ٤٧ وعندما يظهر جسيم بار ثلاث مرات فإن الصيغة الصبغية للمريض ستكون XXXX, ٤٨ ويمكن أيضا كشف حالات تضاعف الصبغي X لدى الذكور.

ويجري إسكات المورثات الموجودة على الصبغي الخامل بتغيير البنية الكيميائية لـ د. ن. أ المورثة ويتم ذلك بإضافة زمرة ميثيل في منطقة محددة من المورثة فتؤدي إلى عدم قدرة المورثة بالتعبير عن نفسها (خمولها) والذي يتجلى بعدم قدرتها على إنتاج البروتين المطلوب. ويبدو أن عملية إسكات المورثات على الصبغي ليست كاملة فهناك بعض المورثات الموجودة في النهاية الطرفية للصبغي التي لا تشملها عملية الإسكات.

وتمكن رؤية عملية التناوب في إسكات المورثات في بعض الخلايا وتفعيلها في بعضها الآخر بمجرد النظر إلى لون فراء بعض أنواع إناث القطط المسماة قطة كاليكو Calico Cat حيث يمتاز لون فراء الأنثى بوجود بعض البقع السوداء والبرتقالية التي تتموج خلال اللون الأبيض، ومؤدى ذلك أن لون الفراء من اختصاص مورثتين موجودتين على الصبغيين X (أي أن كل واحدة منهما موجودة على أحد الصبغيين) إحداهما تكون مسؤولة عن اللون البرتقالي والثانية تكون

مسؤولة عن اللون الأسود. ففي حالة الذكر حيث تحتوي خلاياه على صبغي X واحد فإنه سيحتوي على المورثة المسؤولة عن اللون البرتقالي، وبهذا سيكون لون الفراء أبيض وبرتقاليا، أما إذا احتوت خلاياه على المورثة المسؤولة عن اللون الأسود، فإن لون الفراء سيكون أسود وأبيض. وفي حالة الأنثى فإن قسما من الخلايا سيحتوي على المورثة المسؤولة عن اللون البرتقالي وستظهر على شكل بقع برتقالية، وفي القسم الآخر من الخلايا التي تحتوي على المورثات المسؤولة عن اللون الأسود فستظهر على شكل بقع سوداء، أما البقع البيضاء فالمسؤول عنها مورثة ثالثة تكون موجودة على صبغي آخر غير الصبغي X. وللمورثة وظيفة واحدة وهي منع تشكل اللون البرتقالي واللون الأسود في الخلايا التي تكون فيها نشطة (حيث إن تلك «المورثة البيضاء» لها نسختان وقد تكون نشطة في بعض الخلايا وغير نشطة في القسم الآخر). انظر الشكل (٢١).



الشكل (٢١): يمثل كيف تتحكم المورثات بالصفات عند القطة المسماة calico، تحتوي كل خلية من خلايا هذه القطة على صبغيين إكس وهذا يعني أن خلايا الأنثى تحتوي على ضعف عدد المورثات مقارنة بخلايا الذكر الذي يحتوي في خلاياه على صبغي إكس واحد. وهذا يعني أن كمية البروتين المنتجة من الجينات الموجودة على الصبغي إكس ستعادل ضعف الكمية الموجودة في خلايا الذكر، ولو حدث ذلك فسيؤدي إلى نتائج غير محمودة على حياة القطة. ولكن المعضلة قد حلت بطريقة عجيبة وذلك بأن النسخة الإضافية من الجينات قد تم تحييدها لتتوقف عن العمل وبشكل أبدي في خلايا الأنثى. وتوضح صورة فرو القطة كيفية هذا التحييد لعمل المورثات. فقد ورثت هذه القطة، صبغيا إكس من الأب يحتوي على المورثة المسؤولة عن اللون البرتقالي، وورثت الصبغي الآخر من الأم الذي يحمل المورثة المسؤولة عن اللون الأسود. وفي البقع البرتقالية من خلايا الجلد، تكون المورثة الأبوية هي المنشطة أما المورثة الأمومية فهي متوقفة عن العمل، أما البقع السوداء، فتشير إلى أن المورثة الأبوية هي التي توقفت عن العمل لصالح مورثة الأم. أما اللون الأبيض فله جينة أخرى تتحكم به، موجودة على أحد الصبغيات الجسمية، وحين تعمل فإنها تمنع تشكل أي لون آخر، أما في مناطق البقع السوداء والبرتقالية فتكون صامتة، ولا يعرف سبب ذلك.

8 خلايا المنشأ وطب المستقبل

خلايا المنشأ أو الخلايا الجذعية Stem Cells وهي خلايا من نوع خاص، حيث تمتاز بقدرتها على القيام وفي الوقت نفسه بوظيفتين أساسيتين؛ فهي قادرة على تجديد نفسها باستمرار وعلى التمايز لإنتاج خلايا متخصصة الوظائف، وهذه القدرة على التكاثر الدائم والقدرة على التحول إلى خلايا محددة الوظيفة تجعلان منها - إن جازت التسمية - قطعا نادرا، أو عنصرا فريدا في جسم الكائن الحي. خلايا المنشأ وخلافا لجميع خلايا الجسم الأخرى، تستطيع أن تتوقف عن تكاثرها لتتحول إلى خلايا محددة الوظيفة ويكون ذلك بناء على إشارة خارجية معينة. والسؤال الذي يطرح نفسه ومازال يحير العلماء الذين يعملون في هذا المجال هو: كيف يمكن لخلية واحدة وهي البيضة الملقحة Zygote أن تتحول لتعطي مليارات الخلايا التي تختلف، بعضها عن بعض؟ وما الأسباب التي تسمح لتلك الخلية الوحيدة بالقيام بهذا العمل المعجز وتمنحها القدرة على إنجاز هذا العمل الفني الرائع؟ وفي واقع الأمر فإنه،

«من أهم الأمراض المتوقع علاجها أمراض باركنسون، والسكر، وأمراض العضلة القلبية التي تسبب الذبحة الصدرية».

المؤلف

ولغاية اليوم، لا توجد إجابة شافية وافية عن هذه الأسئلة، وخاصة في ما يتعلق بتطور البيضة الملقحة للإنسان، وطريقة تطورها من خلية واحدة بعد عملية التلقيح إلى أكثر من ٢٠٠ نوع من الخلايا المتخصصة . أما النتائج التي يتم الحصول عليها نتيجة التجريب على الحيوانات، وخاصة على الفأر، فقد لا تنطبق أو لا تماثل ما يحدث في جنين الإنسان. وبشكل عام تبين معظم التجارب أن خلايا المنشأ يجب أن تتوافر فيها بعض الصفات حتى نستطيع أن نعدها كذلك، ومن هذه الصفات أن تكون الخلايا قادرة على تجديد نفسها باستمرار، على أن تكون قادرة على التحول إلى نوع آخر من الخلايا إذا طلب منها ذلك.

ولكن لماذا يظهر العالم كل هذا الاهتمام المتزايد والمفاجئ بما يسمى خلايا المنشأ البشرية Human Stem Cells؟ فوسائل الإعلام العالمية تتناقل الأخبار الجديدة عنها، والمجلات العلمية الشهيرة لا تخلو أعدادها من التنويهات إلى آخر التطورات، التي تشهدها الساحة العلمية في مجال التقنيات المتعلقة بتطوير هذه الخلايا التي يصفها بعضهم «بالخلايا السحرية». والواقع إن العلماء يعملون ويجربون منذ أمد بعيد لفهم الكيفية التي تتطور بها البيضة الملقحة Zygote، والتي تتكون من خلية واحدة، إلى أكثر من ٢٠٠ نوع من الخلايا التي تشكل الأنسجة، فقد أمكن في عام ١٩٨١، ولأول مرة، الحصول على خلايا المنشأ من جنين الفأر الذي يبلغ عمره يومين، حيث يكون جسمه عندئذ مؤلفا من عشرات الخلايا المتشابهة وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التوتية Blastocyst (المرجع ٤٦). ومنذ ذلك الوقت تراكمت لدينا معلومات كثيرة عن الآلية التي تتطور بها البويضة الملقحة والمؤلفة من خلية واحدة إلى جنين مؤلف من خلايا كثيرة تختلف بعضها عن بعض، وقد تبين للعلماء نتيجة لأبحاثهم على الحيوانات أن الخلايا الموجودة في الكتلة الداخلية للتوتية يمكن عزلها وزراعتها بشكل مستمر في المختبر، ومن دون أن تفقد الصفات الواجب توافرها في خلايا المنشأ، والأكثر من ذلك هو أنه إذا أعيدت الخلايا المزروعة في المختبر ولفترات طويلة إلى داخل الجنين في مراحله الأولى فإنها ستنقسم لتعطي معظم خلايا الجنين، وهذا الاكتشاف على الحيوانات مكن من تطبيقات مهمة لدراسة الدور الذي تلعبه الجينات والحصول على ما يسمى بالحيوانات عبر الجينية أو Transgeneic Animals، حيث جرى ـ خلال

السنوات العشر الأخيرة ـ الحصول على مئات الأنواع من الحيوانات وخاصة الفئران عبر الجينية التي جرى تعديلها وراثيا كأن تُضاف مورثة معينة إلى البويضة الملقحة لتندمج في الجينوم، وليجري توارثها في جميع الخلايا وليُدرس تأثيرها في الجنين الكامل، وهذا ما فعلناه في دراستنا للمورثة المسماة MDM2 بهدف فهم وظيفتها، وقد تبين أن لتلك المورثة دورا في حدوث بعض الأمراض الجلدية، وقد سُجلت براءة اختراع لهذه الحيوانات لكي تستخدم في التجريب على الأنواع الدوائية الجديدة للأمراض الجلدية (مرجع ٤٧).

لقد أصبح الأمر أكثر حساسية حين استطاع العلماء، ولأول مرة في تاريخ البشرية، الحصول على خلايا المنشأ من جنين الإنسان وزرعت في المختبر لفترة طويلة، وتبين لهم أنها حافظت على الصفات التي يجب توافرها في خلايا المنشأ، أي أنها تستطيع التكاثر في أنبوب الاختبار وبشكل مستمر من دون أن تغير في صفاتها، وخاصة في ما يتعلق بالطريقة التي برمجت بها جيناتها، وكذلك قدرتها على أن تغير في برمجتها الجينية حين يطلب منها ذلك لتتحول إلى خلايا من نوع آخر تستطيع القيام بوظائف متعددة، وقد نشر هذا الاكتشاف في الأيام الأخيرة من عام ١٩٩٨ (المرجع ٤٨)، وكما يبدو واضحا فقد احتاج العلماء إلى ما يقارب العشرين عاما بعد اكتشافهم خلايا المنشأ من الحيوانات ليجري الحصول على خلايا المنشأ البشرية، وهذه الفترة الزمنية تكاد تنطبق على معظم الاكتشافات الحساسة التي تُجرَّب على الحيوان أولا وتأخذ فترة طويلة نسبيا لتُجرَّب على الإنسان. ومرد الاهتمام العالمي الواسع بخلايا المنشأ الإنسانية يعود إلى أسباب عدة، حيث يتوقع العلماء أن تُستخدم هذه الخلايا لتعويض الخلايا التي تُفقَد من الإنسان في مراحل متأخرة من حياته، حيث يؤدي هذا الفقد للإصابة بأمراض خطيرة كمرض السكري وأمراض القلب الناتجة عن فقدان خلايا عضلة القلب وبعض الأمراض القلبية التي تنتج عن فقدان بعض الخلايا الموجودة في الدماغ. ويبلغ الاهتمام العالمي بخلايا المنشأ أوجه حيث استطاع مؤخرا بعض العلماء تحقيق اكتشاف مهم للغاية وهو أنهم وللمرة الأولى بينوا وجود خلايا منشأ خاصة بكل عضو من أعضاء الإنسان، وهي الخلايا التي تعوض النقص المستمر الذي يطرأ على أعضاء الجسم بسبب موت بعض الخلايا فهناك

خـــلايا منشـــأ في الجلد وفي البنكرياس وفي الدم وفي خـــلايا الكبـــد، والجـراحون يعرفون أكثر من غيرهم أن معظم الأعضاء لها القدرة على التجديد، وتعويض المنطقة التي يستأصلها الجراح في بعض الأعمال الجراحية الناتجة عن إصابة العضو بالسرطان أو غيره من الأمراض، وقد استمعت باهتمام منذ أيام إلى محاضرة ألقاها الدكتور سامي أصفر أستاذ الجراحة في كلية الطب خلال سلسلة المحاضرات السنوية التي تنظمها كليتنا عن قيامه باستئصال أكثر من نصف الكبد لأحد المرضى، وقد تبين له بعد أسابيع قليلة أن الحجم الطبيعي للكبد قد عاد إلى وضعه الطبيعي، وعندما سمعته تأكدت أن خلايا المنشأ الموجودة في كبد المريض قد قامت بعمل جبار وهو تعويض النقص الذي سببته عملية الاستئصال. ويبقى السؤال: كيف علمت خلايا المنشأ بعملية الاستئصال؟! ويبقى هذا السؤال مفتوحا أمام العلماء وهو يتعلق باكتشاف اللغة التي تتكلم بها خلايا المنشأ.

وقد جاء الاكتشاف الآخر، الذي يبرهن على وجود خلايا منشأ في الدماغ الذي اعتقد خطأ ولفترة طويلة من الزمن أنه لا يشتمل على خلايا منشأ، وأن الخلايا التي تموت في الدماغ لسبب أو لآخر لا يمكن أن تعوض أبدا، وهذا يعني أن للدماغ أيضا كباقي أنسجة الجسم خلايا منشأ تقوم على تعويض الخلايا التي يفقدها الدماغ. وهكذا فقد عرف في السنوات الأخيرة أن في داخل كل نسيج من نسج الجسم توجد خلايا تحافظ على حياتها باستمرار، وفي حالة الحاجة تتحول لتعطي كل أنواع الخلايا التي تشكل ذلك النسيج، فخلايا المنشأ في الجلد تستطيع أن تعطي الخلايا الجلدية إذا تعرض الجلد للجروح أو الحروق، وخلايا المنشأ الموجودة في الكبد تستطيع أن تعطي جميع أنواع الخلايا الكبدية، كما عرفنا فيما سبق، في حالات الاستئصال الجراحي، وخلايا المنشأ في نقي العظام يمكنها أن تولد كل خلايا الدم التي يفقدها الإنسان في حالة النزيف.

وفي عام ١٩٩٩ حقق العلماء تقدما مذهلا في مجال دراسة وتطوير خلايا المنشأ، فقد استطاعوا أن يحولوا خلايا المنشأ التي توجد في نسيج معين، والتي تعطي عادة خلايا النسيج الذي تمثله إلى خلايا أخرى لا تشابه النسيج الذي تنتمي إليه، لكن إلى خلايا تنتمي إلى نسيج آخر. والمثال على ذلك خلايا المنشأ الموجودة في نقي العظام والمعروفة على أنها تعطي خلايا

الدم المختلفة، وقد تمكن العلماء من تحريضها لكي تعطي خلايا عصبية من خلايا الدماغ، وهكذا فقد استطاعوا أن يغيروا برمجة جيناتها لتتمكن من إنتاج خلايا عصبية بدلا من الخلايا الدموية. وهكذا فإن هذه الاكتشافات قد أدخلت مفاهيم جديدة لم نكن نعرفها من قبل ويعتقد أن المفاهيم الجديدة سيكون لها تطبيقات واسعة في مجالات الطب والصحة العامة، وما ينطوي عليها من أرباح مالية للشركات الدوائية جم هائل، وكذلك ـ كما سنرى لاحقا ـ أن التقنيات المتوافرة في هذا المجال ستشرع الباب على مصراعيه لأسئلة كثيرة على المستويين الأخلاقي والقانوني، وخاصة إذا عرفنا أن معظم هذه الأسئلة ليس لها من أجوبة واضحة في الوقت الحاضر، ومن هنا بزغت الأهمية التي يوليها العالم لهذه الخلايا على المستويات السياسية والاجتماعية والاقتصادية.

وعند الحديث عن خلايا المنشأ يجب التمييز بين الأنواع المختلفة التي تنضوي تحت هذا الاسم فهناك النوع الأول والمهم وهو ما أحب أن أسميه «خلايا البداءة الأصل» Totipotent Stem Cells، أو خلايا المنشأ الجنينية وهي الخلايا التي لها القدرة على إنتاج كل أنواع خلايا الجسم، وهي عبارة عن الخلايا التي تتشكل بعد ساعات قليلة من تلقيح النطفة للبويضة . أما النوع الثاني فيمكن تسميته بخلايا المنشأ البالغة أو Adult Stem Cells وهي موجودة في جميع النسج التي يتكون منها الجسم، وتكون قادرة على إنتاج أنواع قليلة من الخلايا التي تدخل في تركيب نوع معين من الأنسجة.

أنواع وتصنيفات خلايا المنشأ

ويمكن أن نصنف خلايا المنشأ بناء على الوظيفة التي تستطيع القيام بها ونوعية النسيج الذي توجد فيه: خلايا المنشأ الجنيني أو الخلايا الجذعية Embryonic Stem Cells، ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع:

النوع الأول الذي يسمى خلايا البداءة الأصل الكاملة القدرات Totipotent Embryonic Stem Cells وهي مجموعة الخلايا التي تتكون بعد سويعات من تلقيح البويضة، وتبدأ البويضة الملقحة بالانقسام إلى مرات عدة، حيث يتشكل منها الجنين في أطواره المبكرة ولا يتجاوز عدد خلاياه ساعتئذ العشرات (أي المرحلة التي تسبق مرحلة التوتية (Blastocyst) ومن

مميزات هذه الخلايا أن لكل واحدة منها القدرة على إنتاج جنين كامل، وهذا يجعلها من أهم أنواع الخلايا الموجودة في الكائن الحي، وذلك لما تتميز به من قدرات خلاقة، لا تتميز بها أي خلية أخرى في الجسم، ومن هذه القدرات الخلاقة هي أن كل خلية من خلايا البداءة الأصل لديها القدرة، بما تمتلكه من برمجة في جيناتها، أن تعطي كائنا حيا متكاملا، وهكذا لنا أن نتخيل أنه ومن جنين إنساني واحد مكون من خمس عشرة خلية يمكن أن نستنسخ خمسة عشر إنسانا متطابقين تماما في موادهما الوراثية إذا جرى عزل وفصل الخلايا بعضها عن بعض وأتيحت لها فرصة النمو بمفردها، حيث ستنتج كل خلية مفردة جنينا متكاملا، وهذا ما يحصل بشكل طبيعي في حالة ولادة التوائم الحقيقية (المتطابقة) حين تنفصل خلايا البداءة الأصل الكاملة القدرات بعضها عن بعض لتعطي التوائم الحقيقية، وفي الوضع الطبيعي يبدو أن الانفصال يحدث في المرحلة الأولى حيث يكون الجنين مؤلفا من خليتين فقط فتعطي كل خلية جنينا كاملا مطابقا للآخر. والموضوع الأكثر حساسية هو أن هذه الخلايا يمكن استخدامها الآن في عمليات الاستنساخ الحيواني والبشري على حد سواء. وللعلم فإن التجريب على الحيوانات مستمر في هذا المجال، ولا تمنعه الحكومات بل تشجع عليه، لما له من تطبيقات مهمة ولا سيما على المستوى الاقتصادي، وقد بدأت شركات التكنولوجيا المتقدمة باستخدام هذا النوع من الخلايا في عمليات التكاثر الحيواني وخاصة في مجالات حفظ السلالات الفريدة من خيول وأبقار وغيرها من الحيوانات الأخرى، وهناك الآن كثير من الشركات التي تمتلك خلايا البداءة الأصل لعدد كبير من الحيوانات وما على المزارع أو المربي إلا أن يطلب على النماذج الإعلانية (الكاتالوك) كل المواصفات الدقيقة لنوع وجنس وشكل وقوة الحيوان الذي يريد أن يزرعه في رحم الدابة المراد لها أن تلده فيما بعد. أما العمل على خلايا البداءة الأصل المتعددة القدرات للإنسان فكل قوانين الدول لا تجيزها ولا يسمح بحفظها والعمل عليها، وذلك لأنها ستفتح بابا واسعا للتساؤلات التي لا يوجد إجابات جامعة مانعة عنها، بالإضافة إلى ما ستخلفه من مخاطر على مستقبل الجنس البشري وخاصة على المستويين الأخلاقي والقانوني، ولذلك فإن كل دول العالم الآن لا تجيز بأي شكل من الأشكال التجريب على هذا النوع من

الخلايا الإنسانية التي، كما ذكرنا، تسمى خلايا البداءة الأصل الجنينية الكاملة القدرات Totipotent Embryonic Stem Cells Human (أي نوع الخلايا الذي بمقدوره أن ينتج جنينا إنسانيا كاملا).

أما النوع الثاني من خلايا البداءة الأصل فهو ما يسمى بخلايا البداءة الأصل المتعددة القدرات Pluripotent Stem Cells وأهم ما يميز هذا النوع من الخلايا أنه في حالة زرعه لن يكون قادرا على إنتاج جنين كامل، لكنه يمكن أن يعطي معظم أنواع الخلايا التي يتكون منها الجنين باستثناء المشيمة والغلاف الأمنيوسي الذي يحيط بالجنين، وهي بذلك تختلف عن خلايا البداءة الأصل الكاملة Totipotent Embryonic Stem Cells. وكما ذكرنا سابقا فقد حُصِل على خلايا البداءة الأصل المتعددة البشرية منذ ثلاثة أعوام (المرجع ٤٨)، ومنذ ذلك الوقت والنقاش محتدم حول شرعية استخدامها في مجال الأبحاث لما تحمله من أهمية، وقد أصدرت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا وبعض الحكومات الأخرى قرارات تقضي بالسماح باستخدام هذه الخلايا في مختلف مجالات البحث العلمي بعد دراسات مطولة شارك فيها العلماء والسياسيون والمشرعون وغيرهم من فئات المجتمع الأخرى. ففي التاسع من أغسطس ٢٠٠١ أصدرت الولايات المتحدة قرارا يقضي بالسماح باستخدام هذه الخلايا ويجب أن تتوافر فيها الشروط الأربعة التالية:

(١) أن تكون الخلايا قد حُصِل عليها من الأجنة التي تُلقَح خلال عمليات التلقيح الاصطناعي أي لم يستحوذ عليها من أجنة الحمل الطبيعي.

(٢) أن يكون الجنين الذي استخدم في الحصول على الخلايا من الأجنة الزائدة، أي لم تعد ضرورية لعملية التلقيح الاصطناعي.

(٣) أن تؤخذ موافقة خطية من أهل الجنين تسمح بتحويله إلى خلايا المنشأ.

(٤) أن يجري التأكد من أن سماح الأهل باستخدام الجنين لم يكن هدفه تحقيق المكاسب المادية بأي أشكالها.

وقبل إعلان الولايات المتحدة عن موافقتها على استخدام الخلايا في الأبحاث فقد كان عدد المخابر الذي يمتلك هذا النوع من الخلايا لا يتجاوز الاثنين وقد سبق أن نشرا أبحاثهما في نهاية ١٩٩٨، وكان مجموع عدد السلالات المعلن عنها يقع في نحو اثنتي عشرة سلالة وقد نظمت شركة Geron براءة اختراع لحماية الطريقة التي اتبعت للحصول على الخلايا لأول

مرة. وفي العاشر من أغسطس أي بعد يوم واحد من إعلان الرئيس الأمريكي عن السماح باستخدام خلايا المنشأ أعلنت أكثر من شركة و جامعة في أماكن كثيرة من العالم عن امتلاكها للخلايا أيضا ومن هذه الدول الهند (١٠ سلالات) واستراليا (٦ سلالات) والسويد (٢٥ سلالة) وإسرائيل (٤ سلالات) بالإضافة إلى شركات أخرى في داخل الولايات المتحدة (٢٧ سلالة)، ومن المؤكد أن دولا أخرى في أوروبا هي في طريقها لامتلاك هذا النوع من الخلايا، وقد تحمل الأيام القليلة القادمة أخبارا في هذا المجال. وقد أنشأت جامعة برنستون الأمريكية موقعا خاصا على شبكة المعلومات العالمية الإنترنت ليتضمن بنكا للمعلومات التي تتعلق بخلايا المنشأ ويمكن استشارته على العنوان التالي: http://stemcell.princeton.edu

وقد زاد الاهتمام بهذا النوع من الخلايا، خاصة بعد أن تمكن العلماء من زراعتها في أنبوب الاختبار، حيث إنها ستستخدم في المختبر لإنتاج معظم (وليس كل) أصناف الخلايا التي يتكون منها الجسم البشري، حيث يُعاد زرعها حين الحاجة لتعويض الخلايا التي تموت في النسج التي تكون ضرورية لديمومة عمل ذلك النسيج بشكل منتظم. وقد بدأت الأبحاث بإنارة مصباح الأمل عند بعض مرضى داء السكري، حيث تُحوَّل خلايا البداءة الأصل المتعددة القدرات إلى خلايا قادرة على صناعة هرمون الأنسولين لتُحقَن في بنكرياس المريض الذي لا تفرز خلاياه مادة الأنسولين (المرجع ٤٩).

أما النوع الثالث من خلايا المنشأ فهو الخلايا التي يُحصَل عليها من بعض أنسجة الأجنة التي يتراوح عمرها بين أربعة وعشرة أسابيع وتسمى Fetal Stem Cells، وهذه الخلايا حُصل عليها من الأجنة التي أجهضت حيث حُصِل على الخلايا التي ستشكل الخلايا الجنسية المذكرة أو المؤنثة (وهي موجودة في خصية الجنين الذكر أو في مبيض الجنين الأنثى) التي تُزرع في وسط مغذ خاص يساهم في تحويلها إلى ما يسمى خلايا المنشأ (المرجع ٥٠) ولكن طريقة الحصول على هذه الخلايا تبدو صعبة وغير مضمونة النتائج مقارنة بالطريقة السابقة التي تعتمد على عزل خلايا الكتلة الداخلية للجنين وهو في مرحلة التوتية (الأرومة) وزرعها في وسط مغذ خاص. ويدعي المختبر الذي حصل عليها أنها لا تختلف أبدا عن خلايا البداءة الأصل المتعددة القدرات، ولذلك فإنها تحمل التسمية نفسها على الرغم من الاختلاف في طريقة

الحصول عليها ويجب التنويه إلى أن هذا النوع من الخلايا لا يمكن أن يتحول إلى جنين كامل، لكنه يمكن لها أن تشكل معظم أنواع النسج باستثناء المشيمة والسائل الأمنيوسي.

أما النوع الرابع من الخلايا فهو خلايا المنشأ النسيجي أو Adult Stem Cells وهي كما ذكرنا سابقا نوع من الخلايا التي توجد في معظم أنسجة الكائن الحي البالغ، وكما ذكرنا مسبقا لها القدرة على تعويض وتجديد كل الخلايا التي يتشكل منها ذلك النسيج وهي تتكاثر باستمرار، لكن قد تتوقف عن القيام بعملها عندما يصل الشخص إلى مرحلة الشيخوخة، وتتركز الأبحاث الآن على فهم السبب الذي يكمن وراء توقفها مع تقدم العمر، وسيكون مذهلا فيما إذا استطاع العلماء التحكم بهذه الخلايا وخاصة أثناء وجودها في النسيج، ويؤمل أن تتقدم العلوم في هذا المجال الذي بالضرورة سيؤدي إلى ثورة في عالم الطب حين يتمكن العلماء من التحكم في عمل هذه الخلايا، وكل الأبحاث تتمركز في كيفية السيطرة على هذه الخلايا لجعلها تستمر في الحياة والحيلولة دون موتها المبكر، وإن تحقيق ذلك سيفرز نتائج سلبية في بعض الحالات كالذي يحدث في مرض باركنسون أو مرض الزهايمر عند الإنسان.

ما الصفات التي تميز خلايا الأصل الجنينية؟

توصف هذه الخلايا بأنها غير متمايزة (بدائية) أي أنها لا تبدي أي صفة من صفات الخلايا اليافعة التي وصلت إلى درجة متقدمة من التمايز الوظيفي والتركيبي، كذلك فإن الخلايا الأصل تملك المقدرة على التكاثر والنمو بشكل مستمر. وهي بذلك تشبه الخلايا السرطانية. أما الخلايا المتمايزة فهي تنمو بشكل محدود، أو قد تتوقف كليا عن الانقسام والتكاثر، كما هي الحال بالنسبة إلى خلايا الجهاز العصبي، ولعل من أهم الصفات التي تتمتع بها الخلايا الأصل هي:

أولا - قدرتها على إنتاج جميع أنواع الخلايا التي تمثل أعضاء الإنسان، ويجري ذلك حين تزرع وتعالج بالهرمونات و محرضات النمو (Growth Factors). وقد استطاع العلماء بعد حقنها في الفأر الفاقد للمناعة (SCID) من الحصول على معظم أنواع الأنسجة البشرية.

ويعد هذا الإنجاز المذهل رائدا في بابه، وهو الأول من نوعه؛ ولعله يكون من أهم الإنجازات التي تحققت في هذا المضمار خلال السنوات العشر الماضية.

ثانيا ـ عدم قدرتها على التطور إلى جنين متكامل في حال حقنها في رحم المرأة، وهكذا فإن استخدامها وعلى نطاق واسع في مختبرات العالم لن يشكل خطرا، كما هي الحال بالنسبة إلى استخدام الجنين البشري الكامل الذي إذا أجيزت الأعمال التجريبية عليه فقد يشكل خطرا أكيدا على مستقبل البشرية. وهكذا فإن العمل على هذه الخلايا لن يشكل أي خطر وبخاصة إذا جرى الحصول عليها بوساطة الاستنساخ الخلوي.

وفي جميع الأحوال فإن السؤال المحير سيبقى مفتوحا، وهو: ما الذي يجب فعله بجميع الأجنة المنتجة بواسطة الاستنساخ الخلوي أو التلقيح الاصطناعي التي لم يتجاوز عمرها خمسة أيام؟

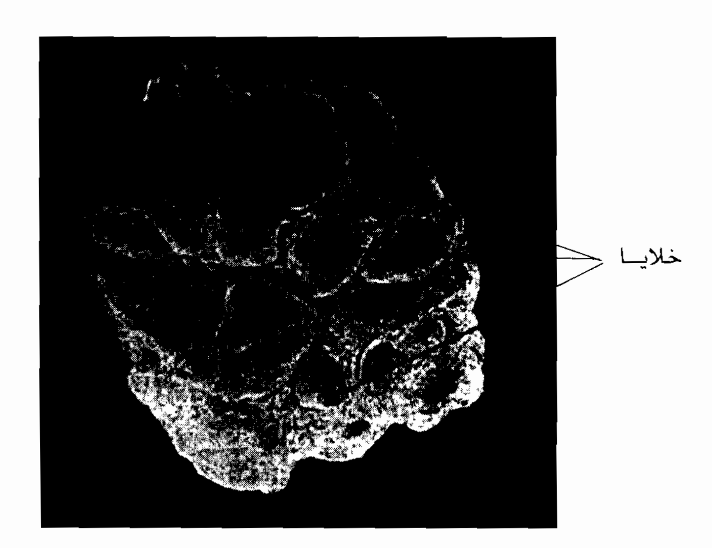
كيف جرى الحصول على هذه الخلايا؟

القصة بدأت منذ عشرات السنين، حيث استطاع الباحثون في أكثر من مختبر عالمي عزل وزرع ما يسمى بخلايا الأصل الجنينية المتعددة القدرات (Pluripotent Embryonic Stem Cells) من البيوض الملقحة للفأر، استخدمت هذه الخلايا في تجارب عديدة وبخاصة فيما يتعلق بإنتاج حيوانات جديدة معدلة وراثيا (Transgenic Animals). وللحصول على هذه الحيوانات المعدلة وراثيا ينبغي إجراء التغيير الوراثي ضمن الخلايا الأصل (Gene Knock Out)، وهكذا فإنه قد تمكن أكثر من مختبر من الوصول إلى معرفة خصائص هذه الخلايا بشكل ممتاز ودقيق، مما أدى إلى سهولة العمل على الخلايا الإنسانية. وقد ساعد أيضا ما جرى عمله في مضمار التلقيح الاصطناعي، فقد استثمر العلماء جميع هذه المعارف حتى تمكنوا أخيرا من الحصول على الخلايا الإنسانية.

لقد حُصِل على الخلايا من قبل مجموعتين منفصلتين من الباحثين الأمريكيين في نهاية العام الماضي وفي شهر واحد. ففي جامعة وسكنسن تمكن البيولوجي جيمس تومسون James A. Thomson من عزل خمس سلالات خلوية قادرة على التكاثر المستمر وعلى إنتاج معظم الأنسجة التي

تشكل الجنين. وحُصِل على الأجنة المستخدمة لإنتاج الخلايا من قسم النساء والولادة التابع للجامعة بعد عملية تلقيح اصطناعي روتينية تمت لإحدى العائلات التي يعاني أحد أفرادها من العقم، ومن المعروف أن الأطباء ينتجون أكثر من جنين (قد تصل إلى العشرات) ولا يستخدمون منها لعملية الزرع إلا القليل (من ٢ إلى ٥)، أما باقي الأجنة غير المزروعة فمن العادة أن تُحفَظ في المختبر، أو تُتلَف بعد موافقة أصحابها.

وهكذا فإن جيمس تومسون أخذ موافقة أصحاب الأجنة قبل أن يبدأ تجاربه في الحصول على الخلايا، وقد استخدم ١٤ جنينا عمرها خمسة أيام (يحتوي الواحد منها على ما يقارب ١٤٠ خلية، (الشكل رقم ٢٢) للحصول على خمس سلالات خلوية، كما ورد في التجربة المنشورة في مجلة العلوم الواسعة الانتشار SCIENCE الصادرة بتاريخ ٦ نوفمبر ١٩٩٨؛ ثلاث سلالات منها تحمل الصيغة الصبغية XX لأنها جاءت من أجنه أنثوية؛ أما السلالتان الأخيرتان فقد حملتا الصيغة الصبغية XY لأنهما جاءتا من أجنة ذكرية.



الشكل (٢٢): مأخوذة بالمجهر الإلكتروني لجنين إنسان عمره خمسة أيام، حيث يحتوي على ما يقارب ١٤٠ خلية، للحصول على خلايا البداءة الجنينية من هذا الجنين قام تومسون بفتح هذه الكتلة المدورة لعزل الخلايا الموجودة في الداخل ومن ثم زرعها في وسط مغذ لتنمو بشكل مستمر (المرجع ٤٨).

حفظ تومسون الخلايا الخمس في غاز النتروجين السائل (درجة حرارته ١٩٦ درجة مئوية تحت الصفر) لمدة تزيد على ستة أشهر، وحين أخرجت من السائل استطاع أن يزرعها باستمرار حتى ٣٢ جيلا، ولم تظهر الخلايا بعد ٣٢ جيلا أي علامة شيخوخة (دلائل الشيخوخة تحدد بقياس نشاط الأنزيم المسمى تيلوميراز، مستوى Telomerase Activity لهذه الخلايا لم يختلف عن خلايا الجيل الأول). وعندما حقن تومسون الخلايا للفأر الفاقد للمناعة، فقد تحولت هذه الخلايا لتعطي عظاما و عضلات ونسيجا عصبيا.

الباحث الثاني الذي نجح في الحصول على خلايا مشابهة لخلايا (تومسون) هو البيولوجي جون جيرهارت John D. Gearhart الذي يعمل في جامعة جونز هوبكنز (Baltimore). فقد تمكن أيضا جون جيرهارت من الحصول على خمس سلالات خلوية (ثلاث من الجنس XX واثنتان XY) مشابهة في معظم صفاتها لخلايا تومسون، والشيء اللافت للنظر أن جيرهارت قد استخدم للحصول على خلاياه طريقة مختلفة عن طريقة تومسون، حيث إن الأجنة البشرية التي حصل منها على خلاياه تتمتع بعمر أكبر من تلك التي أستخدمها تومسون، وقد بلغ عمرها من ستة أسابيع إلى تسعة أسابيع، وقد تخلى عنها أصحابها بعد عملية إجهاض نتيجة لأسباب طبية تتعلق بصحة الأم، أو لأسباب أخرى حيث يعد الإجهاض عملية غير ممنوعة في معظم الدول الغربية.

لقد عزل جيرهارت نسج التكاثر الجنسي الأولية Premordial Germ Cells من هذه الأجنة، وزرعها في أوساط مغذية ملائمة، حتى تأكد أن الخلايا الناتجة عن عملية الزرع تمتلك الخصائص نفسها التي ذكرناها مسبقا وبخاصة في ما يتعلق بقدرتها المستمرة على الانقسام وعلى إنتاج جميع أنواع الخلايا والنسج التي تشكل أعضاء الإنسان.

الشخص الثالث الذي ادعى الحصول على خلايا الأصل الجنينية هو الباحث مايكل سميث Michael West، المؤسس لشركة GERON الأمريكية - وهي شركة متخصصة في البحوث والتقنيات البيولوجية - وهو يترأس حاليا شركة أخرى تسمى Advanced Cell Technology، ويجب الإشارة هنا إلى أن مايكل وست لم ينشر نتائجه في أي مجلة علمية معروفة، واكتفى بادعاء ذلك على صفحات صحيفة الأخبار الأمريكية الواسعة الانتشار New York Times الصادرة بتاريخ

٦ نوفمبر ١٩٩٨، وهكذا فإن صحة الادعاء لم يتم إثباتها بشكل علمي إلى الآن. ويزيد الأمر دهشة أن مايكل وست ادعى بأن الأجنة المستخدمة لإنتاج خلايا الأصل الجنينية قد طورها هو وزملاؤه بعد أن قاموا بمزج نواة خلية بشرية ببويضة أنثوية عديمة النواة حُصِل عليها من البقر، و قد استخدم طريقة الاستنساخ نفسها التي أنتجت بها النعجة دوللي مع فارق مهم هو: أن النواة والبويضة ينتميان إلى جنسين مختلفين، هما الإنسان والبقر. وعلى الرغم من أنه لم يتم إثبات هذه الادعاءات بشكل علمي صحيح فإنه من المتوقع أن يكون هناك سباق كبير بين أكثر من مختبر في جامعات العالم للتأكد من صحة التجارب التي قام بها مايكل وست للحصول على الجنين الهجين (Human Hybrid Embryo)، ومن المحتمل أن نسمع قريبا إما دحضا أو تأكيدا علميا لهذه الادعاءات لما تتمتع به من أهمية على المستوى الطبي.

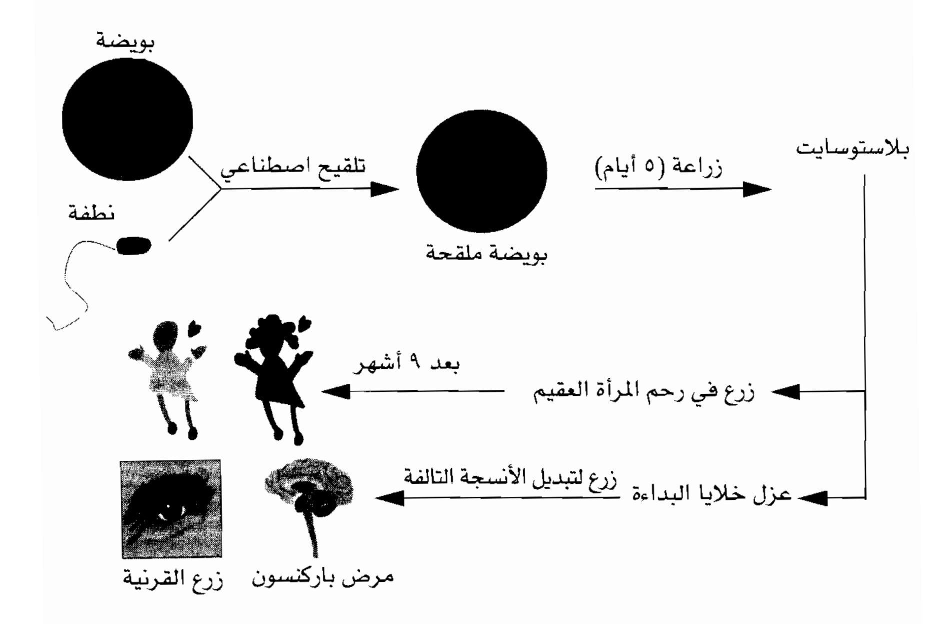
التطبيقات المأمولة لهذا الإنجاز العلمي المهم:

تخيل أن لك صديقا عزيزا قد أصيب بحادث سيارة وهو في طريقه إلى مكان عمله، فنُقِل إلى المستشفى، وهناك شخص الأطباء حالته بأنه قد أصيب بشلل دائم نتيجة لتعرض جزء من خلايا نخاعه الشوكي إلى التلف، وعرض عليه الأطباء الاشتراك في تجربة علمية لزرع الخلايا المفقودة، فوافق على ذلك، عندها أخذ منه الأطباء عينة صغيرة من الخلايا الجلدية دون أن يفقد قطرة دم، أو أن يشعر بألم يذكر، وحُولت هذه الخلايا إلى المخبر المجاور (مختبر الاستنساخ الخلوي) وهناك قام المخبريون بعزل المادة الوراثية (المتمثلة بالنواة) من خلاياه الجلدية ليتم حقنها في بويضة أنثوية حصل عليها من زوجته، أو من «بنك البيوض» التي استُخلِصت أنويتها بشكل مسبق، و بعد ذلك زرعت هذه البويضة المعدلة الحاوية على نواة من المريض والسيتوبلاسما من زوجته في وسط مغذ لمدة أسبوع، مما أدى إلى نموها حتى صارت جنينا بدائيا (مضغة) مكونا من عشرات الخلايا، يسمى بلاستوسايست (الأرومة) Blastocyst.

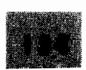
في هذه المرحلة تكون الكتلة الخلوية الداخلية Inner Cell Mass للجنين قابلة للزراعة بشكل مستمر، لتعطي ما يسمى بالخلايا الأصل الجنينية Embryonic Stem Cells، وهذا النوع من الخلايا السحرية هو الذي يعطي كافة النسج والأعضاء خلال التطور الجنيني المعتاد، وهو قادر على إعطاء خلايا

النخاع الشوكي إذا ما عولج بالهرمونات الضرورية. وهكذا فإنه ابتدأ من خلية جلدية واحدة لصاحب الحادث قد حُصِل على خلايا نخاع شوكي مطابقة مائة بالمائة - من الناحية المناعية - للنخاع الشوكي للمريض، بحيث يمكن زرعها محل خلاياه التالفة، هذا السيناريو قد يخيل إلى بعضنا للوهلة الأولى، أنه أقرب إلى الخيال منه إلى الحقيقة، إلا أن ذلك ليس مستحيلا وقد يمكن تحقيقه في أمد قريب بفضل التطبيقات الناجمة عن هذه الأبحاث الجديدة.

وهكذا فإن الحصول على الخلايا له تطبيقات مهمة في مجال الطب، وبخاصة فيما يتعلق بعمليات زرع الأعضاء ومن الأمراض المتوقع علاجها مرض السكر، والأمراض الناتجة عن ضعف عضلة القلب، ومن الممكن أيضا معالجة بعض أنواع السرطان وأمراض الجهاز العصبي، بما فيها مرض باركنسون. ففي حالة مرض باركنسون فإن الخلايا القليلة التي تموت في منطقة محددة من الدماغ هي التي تسبب المرض. وهكذا سيكون سهلا في المستقبل القريب زرع الخلايا التي اكتشِفت في دماغ المريض المصاب بباركنسون للتعويض عن الخلايا المفقودة، وبالطريقة نفسها تُدخل الخلايا القادرة على إفراز هرمون الأنسولين إلى بنكرياس الأشخاص المصابين بمرض السكر (الشكل ٢٣).



الشكل (٢٣): لتوضيح طرق إنتاج الأعضاء والنسج التالفة



وعلى كل حال فإن التطبيق العملي لهذه التقنيات قد يتطلب أكثر من خمس سنوات من الآن، حيث ستُطبق هذه الأبحاث على الحيوانات أولا، وإذا أثبتت فعاليتها، فستطبق بعد ذلك على البشر، ومن أهم الأمراض المتوقع علاجها أمراض باركنسون، والسكر، وأمراض العضلة القلبية التي تسبب الذبحة الصدرية، لأن الخلايا المسؤولة عن هذه الأمراض معروفة بشكل جيد، وإن عملية تعويضها متاحة ما دامت المواد الأولية قد توافرت بفضل هذه التقنيات الحديثة.

ومن أهم الفوائد التي يمكن أن تقدمها هذه الخلايا مساعدة العلماء على فهم المراحل المبكرة لتطور جنين الإنسان، وبخاصة تلك الفترة الممتدة من بداية الإلقاح وحتى نهاية الأسبوع الأول. وللعلم فإن العلماء الآن يجهلون فهم المراحل الأولية لتشكل الإنسان، وجميع المعارف المتوافرة بحوزتهم قد حُصل عليها من دراساتهم التي أجريت على الحيوانات عامة وبشكل خاص تلك التي أجريت على الفئران.

إن فهم آلية تشكل الإنسان وكيفية تطوره سوف تساعد العلماء على معالجة الأمراض المتعلقة بعيوب التخلق كمرض العقم مثلا. كذلك فإن هذه الخلايا سوف تستخدم لتجريب فاعلية بعض الأدوية وفهم آلية عملها بالإضافة إلى الطموح إلى اكتشاف أصناف جديدة من الأدوية لمعالجة الأمراض التي ليس لها من دواء حاليا.

وفي ٢٣ سبتمبر ١٩٩٩ نشرت وكالات الأنباء العالمية أخبارا مفادها أن مجموعة من العلماء في جامعة Leeds البريطانية قد توصلوا إلى زرع خلايا المبيض لامرأة في سن اليأس، حيث إن المبيض عندها قد توقف ولم يعد ينتج البيوض، ونتيجة لعملية زرع الخلايا الجديدة فإن المبيض بدأ بإنتاج البيوض من جديد، وهكذا فإن استخدام هذه التقنيات سيسمح بإطالة فترة الإخصاب لدى المرأة التي تقدمت في العمر أو حتى تلك المصابة بأمراض تمنعها من الإنجاب.

المستقبل، إلى أين؟ وإلى أي مدى؟

إن هذه الاكتشافات الجديدة تحظى باهتمام منقطع النظير، ليس فقط في الأوساط العلمية، وإنما في أوساط عديدة أخرى، وبخاصة في المجالين الاقتصادي والاجتماعي. فقد قامت شركة GERON بإصدار براءة اختراع

عـالمية لتـغطيـة النتـائج التي حـصل عليـهـا تومـسـون وبدأ التـافس (وأحـيـانا التـجسس) بين الشـركـات للحـصـول على أكبـر كـمـيـة من المعلومـات في هذا المضمـار، علما بأن المعهد الوطني للأبحـاث الأمريكي (N.I.H) يمتنع حتى الآن عن تقـديم الدعم المادي لهـذا النوع من الأبحـاث، وأن كل الدعـم المادي الذي حصل عليـه تومسون وغيـره من العلماء للقيـام بتجاربهم الآنفة الذكر كانت من القطاع الخاص.

ويبقى ذلك السؤال الذي يتردد باستمرار وراء كواليس المختبرات العلمية عن إمكان إثبات التـجارب التي تحـدث عنها (مـايكل وست) ومـا سـتحـدثه من ضـجـة في جميع الأوسـاط العلمـيـة والاجـتمـاعـيـة والثـقـافـيـة والاقـتصـادية لما يحمله من أهمية على مستقبل الإنسان.



٩ الجينوم والشيخوخة: هل هناك أمل في تأخير الهرم؟

كيف تهرم وتشيخ خلايا الإنسان وهل هناك من أمل في إطالة عمر الخلية أكثر مما هو مبرمج لها؟

هنالك عدد كبير من الباحثين يدرسون ظاهرة الموت المبرمج للخلايا Programmed cell death ويحاولون فهم الكيفية التي تهرم بها الخلايا على أمل أن يتمكنوا من إيجاد دواء ساحر لإيقاف أو لتأخير شيخوخة خلايا الجسم وبالتالي إطالة العمر البشري. والتركيز كله ينصب على إطالة عمر الإنسان لسنوات أكثر من التي يعيشها، كما هو مألوف. والسؤال الذي يطرح نفسه: هل من الممكن أن يصبح متوسط أعمارنا ١٢٠ عاما؟ وفي الواقع فإن الجواب عن هذا السؤال سيظل عسيرا ولذلك سيبقى مفتوحا لسنوات طوال. و لكن يجب القول إن معركة حقيقية ضد الشيخوخة يقودها كبار العلماء قد بدأت، ولا نعرف متى ستنتهي، ولكن من المألوف أن هذا النوع من المعارك سينتهي بفوز العلماء ولو بشكل جزئي. وقد يستفيد من النتيجة أحفادنا أو أحفاد أحفادنا. ولزيادة متوسط طول العمر، فهناك،

> «لقد أوضح العلماء أن الفرق بين الشخص الذي كتب له أن يعيش لمدة وجيزة لا تجاوز الثلاثة عشر عاما، وآخر كُتِبَ له أن يعيش إلى الثمانينيات من عمره هو حرف واحد في الجينوم».
> **المؤلف**

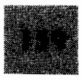


محوران يمكن بتحسينهما أن يزداد العمر الذي يعيشه الإنسان، المحور الأول: يتعلق بتحسين طرائق ووسائل العناية الطبية، ويتجلى ذلك بإيجاد الدواء الناجع لمعظم الأمراض المستعصية كالسرطان وأمراض القلب. ومعلوم أن متوسط العمر في أمريكا قد كان ٤٧ سنة في عام ١٩٠٠، وقد ارتفع الآن ليصل إلى ٧٦ سنة نتيجة للتحسينات التي جرت في مجال العلاج والسيطرة على بعض الأمراض الفتاكة. أما المحور الثاني فهو العمل على تقليل السرعة التي تشيخ بها الخلايا وتهرم، كأن تمتد فترة الطفولة إلى ٢٠ عاما وسن المراهقة تبدأ في الخمسين وعمر الزواج في الثمانينيات. ويتساءل علماء المجتمع والفلاسفة عن الأثر الذي سيخلفه التطور العلمي الطبي فيما إذا استطاع العلماء إيجاد المادة السحرية التي ستسمح للخلايا بالعيش لفترات أطول، وبالتالي ستسمح للإنسان أن يعيش لفترة أطول، ومن أهم التساؤلات المطروحة هو إمكان استخدام دواء الشيخوخة السحري من قبل جميع الناس، أو أن استخدامه سيقتصر على الأغنياء، أما الفقراء فعليهم أن يموتوا بانتظام. وهذا طبعا يحدث الآن فمعظم فقراء العالم يموتون لعدم توافر الأدوية الطبية ولو في حدودها الدنيا. والسؤال الآخر: هو فيما إذا توافرت الإرادة السياسية فهل ستمنح الدواء لجميع سكان البشرية؟ أم أن تلك الإرادة ستتكرس في المحافظة على نسل أو نسب معين من دون الآخر؟!. وفيما إذا تخيلنا أن هذا الدواء جرى توفيره لجميع بني البشر فثمة تساؤلات وهي ذات بعدين، أخلاقي واجتماعي. وفي الواقع قد يؤدي ذلك إلى فناء الجنس البشري. وتبقى تلك التساؤلات مفتوحة - وهي إلى حد ما تشابه بعض الأسئلة الواردة في مجال استنساخ الجنس البشري بالطرائق العلمية الحديثة - إلى أن يحسم العلم القضية، وعند ذلك سيتعين على أصحاب الحل والعقد تزويد العلماء ببعض الأحكام والمواقف التي تعينهم في توجيه دفة عملهم داخل مختبراتهم بكل اطمئنان وراحة بال.

ماذا نعرف عن الشيخوخة؟

اتضح أن الصبغيات الخلوية تتناقص في طولها، أي أنها تفقد جزءا من المادة الوراثية الموجودة على طرفي الصبغي ويتم ذلك بشكل مبرمج (منتظم)، وخلال عملية تضاعف المادة الوراثية التي تسبق انقسام الخلية. ويخسر الصبغي من

طوله ما يعادل ٥٠ إلى ١٠٠ جزيء قاعدي من طرفيه في كل مرة يتضاعف فيها الـ «د. ن. أ.» وكما ذكرنا سابقا فإن «د. ن. أ» الصبغي يجب أن يتضاعف بشكل كامل قبل كل انقسام خلوي، ويجب أن نعلم أن الخلايا تنقسم بشكل مستمر (ما عدا خلايا الجهاز العصبي التي يتوقف انقسامها في مرحلة مبكرة خلال التطور الجنيني). فمثلا خلايا الجلد تتجدد باستمرار، والجنين خلال فترة نموه فإن خلاياه تتكاثر وتتزايد في العدد، وهكذا فإن «د. ن. أ» الخلية ينقص خلال عمليات الانقسام المستمر، ولو قارنا محتوى الخلية من الـ «د. ن. أ» عند الأطفال حديثي الولادة مع «د. ن. أ» الخلية الموجود عند شخص عمره ١٠٠ سنة، لوجدنا أن «د. ن. أ» الشخص الهرم أقصر من «د. ن. أ» الطفل الوليد، والاعتقاد العلمي السائد في الوقت الراهن أن الخلايا مع تقدم العمر ونتيجة لعملية التقصير في الـ د«. ن. أ» فإنها تشيخ وتهرم وتموت وهذا ما يسميه العلماء بالموت المبرمج للخلية، وبالتالي فإن الشيخوخة هي أمر مبرمج وعلى أعلى وأرفع مستويات البرمجة، وذلك لأنها تمس «د. ن. أ» الخلية. ولحسن الحظ فإن هذا الهرم والشيخوخة اللذين يصيبان الخلايا الجسمية لا يصيبان الخلايا التناسلية للإنسان (النطاف والبويضات)، أي أن «د. ن. أ» الخلايا التكاثرية يحافظ على طوله وهو لا يزيد ولا ينقص، ويبقى كما هو. ولو تخيلنا أن «د. ن. أ» الخلايا التكاثرية يتناقص طوليا (كالذي يحدث للخلايا الجسمية) فإن ذلك كان سيؤدي إلى انقراض الجنس البشري منذ أمد بعيد، وقد يكون قد انقرض بعد جيل آدم (عليه السلام) مباشرة. وقد عرف السبب الذي يمنع التناقص في «د. ن. أ» الخلايا التكاثرية، وهو يعود إلى النشاط الذي تبديه مورثة معينة في الخلايا التكاثرية، وهي المورثة المسؤولة عن إنتاج بروتين ذي طبيعة أنزيمية يسمى Telomerase. وهذا الأنزيم يعمل بشكل خاص في أثناء تضاعف «د. ن. أ» الخلية، فهو يقوم بتعويض وترميم المنطقة التي لا تجري مضاعفتها. وهذا الأنزيم يعمل بدقة متناهية لكي يحافظ على الصبغيات ويحميها من النقصان، وهكذا فإن المادة الوراثية في الخلايا التكاثرية تبقى ثابتة ولا تتناقص، وهذه طبعا نعمة كبيرة فلولاها لاندثر الإنسان منذ أمد بعيد ولما استمرت البشرية إلى وقتنا الحالي. والبحوث العلمية العالمية الآن تتركز على فهم آلية عمل هذا الأنزيم السحري، محاولة فهم دوره في عملية الشيخوخة والهدف من كل ذلك هو مقاومة الشيخوخة ومحاولة إطالة العمر ولو لسنوات قصار.



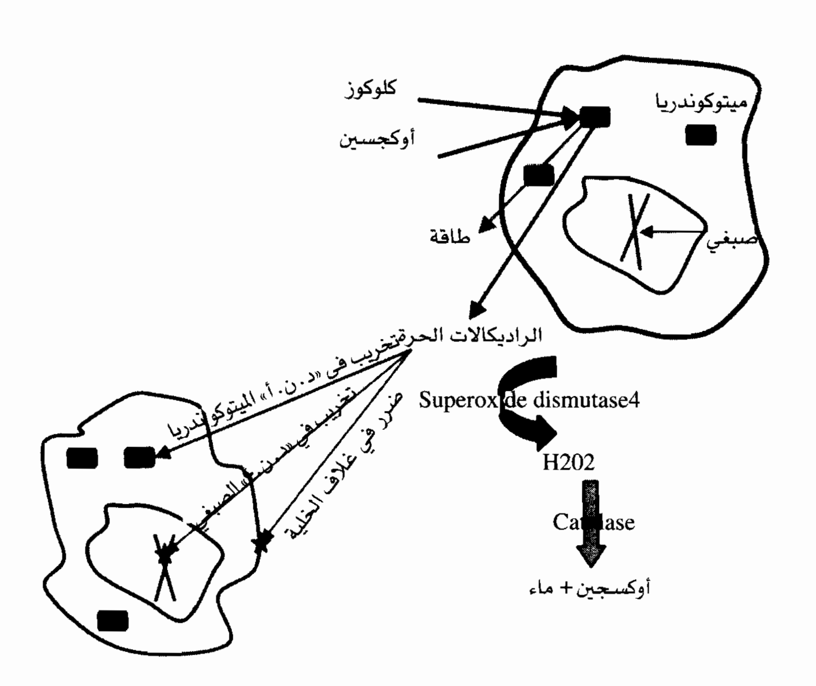
الشيخوخة وعلاقتها بالمورثات

هناك إجماع تام بين العلماء على أن المورثات هي المحرك الرئيسي الذي يقود إلى الشيخوخة، ويعتقد هؤلاء أن الشيخوخة شيء مبرمج وأن البرمجة تكون على مستوى عمل الجينوم، أي أن البرمجة موجودة في بنية الجينوم نفسها. وهكذا فإن التوجه العلمي السائد يقول: حتى نستطيع أن نبطئ الهرم والشيخوخة فإنه يتعين علينا أن نغير في برمجة الجينوم بشكل يسمح للخلية بأن تعيش لفترة أطول. ويعترف العلماء أن عملية إعادة برمجة الجينوم بطريقة لا تضر بملايين البرامج الأخرى، التي تعمل بالمستوى نفسه وضمن النطاق نفسه، عملية صعبة ومعقدة، وخصوصا أنها يجب ألا تغير من الوظائف الفيسيولوجية الطبيعية للخلية.

وقياسا إلى الطبيعة من حولنا، نجد أن هناك بعض الأسماك التي تعيش لغاية مائة عام وبعض السلاحف تعيش حتى ٣٠٠ عام، وللغرابة فإننا نستطيع أن نرى بعض أنواع أشجار الصنوبر التي تعيش في بعض المناطق (نيفادا وكاليفورنيا) يقدر عمرها بـ ٥٠٠٠ عام. وهكذا فإن أي بحث علمي يتعلق بشيخوخة الإنسان سيبدأ من التساؤل التالي: كيف أمكن لهذه الأنواع من الحيوانات أو النباتات أن تعيش كل هذه الآماد الطويلة؟ وما الذي يميز هذه الكائنات (الغريبة) عن الإنسان؟

وهناك أنواع أخرى من الحيوانات تعيش مدة قصيرة كحيوان الأوبسوم Opssum ويموت وهو في طور الشباب، وقد لاحظ العالم ستيفن اوستاد Steven N. Austad الذي يعمل في جامعة Idaho الأمريكية أن طول عمر هذا الحيوان يختلف من منطقة إلى أخرى، فالأوبسوم الذي يعيش على ضفاف منطقة جورجيا يمتد عمره إلى ضعف عمر الحيوانات نفسها التي تعيش على اليابسة، لكن من الصعب جدا إخضاع هذا النوع من الحيوانات للتجريب المخبري، ولذلك مازال البحث قائما للعثور على حيوان تجربة أسهل في التربية. ولذلك فإن العالم «اوستاد» بدأ باستخدام أنواع خاصة من الطيور التي تعيش ٢٠ عاما كحيوان تجربة، وقد بينت نتائجه الأولية أن خلايا هذا النوع من الطيور لها قدرة فائقة على التخلص من المواد الناتجة عن التفاعلات الكيميائية التي تجري داخل الخلية، وبشكل خاص نتيجة لنشاط بعض المورثات المسؤولة عن إنتاج بعض البروتينات ذات النشاط

الأنزيمي، والتي تكون مسؤولة بشكل رئيسي عن تفريغ الخلية من المواد الضارة التي يتم إنتاجها داخل الخلية أثناء عمليات الاستقلاب الخلوي (انظر الشكل ٢٤).

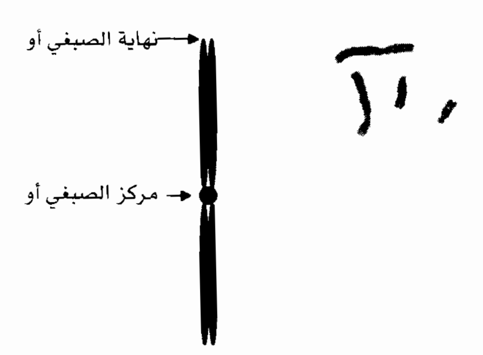


الشكل (٢٤): خلال عملية الاستقلاب الخلوي فإن الكلوكوز والأوكسجين يتحول في داخل الميتوكوندريا إلى طاقة و يتم أيضاً إنتاج مواد ضارة تسمى براديكالات الأوكسجين والتي يتم تحويل جزء منها الى ماء وأوكسجين. الجزء غير المتحول يؤدي إلى إحداث تخريب في د. ن. أ الخلية والذي يؤدي إلى موتها المفاجئ.

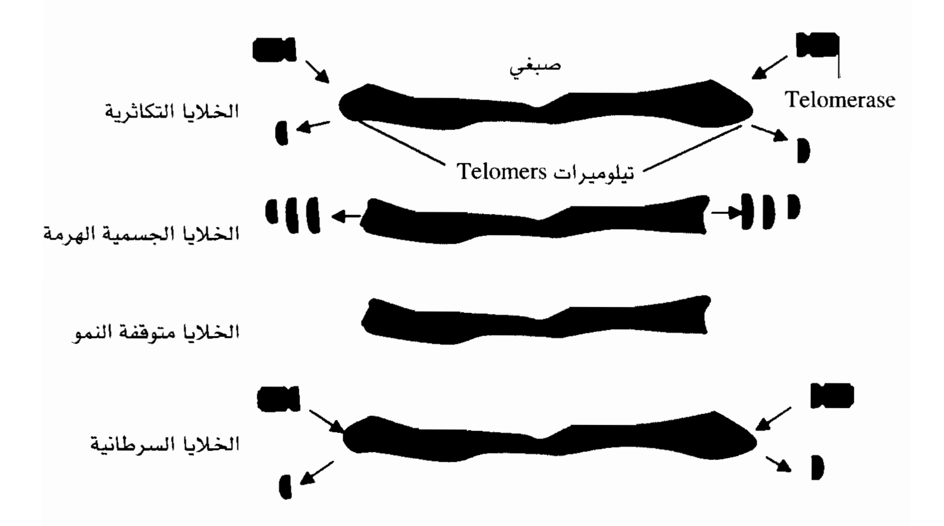
ساعة إنذار مبكر داخل الخلية

منذ زمن قديم وعلماء البيولوجيا يتصورون وجود ما يمكن تشبيهه بساعة خلوية تعلم الخلية عن التوقيت الذي يجب أن تتوقف فيه حياتها. وعلى الرغم من أن العلماء لم يسمعوا إلى الآن ما يشبه دقات الساعة من داخل الخلية، إلا أنهم يعتقدون أن تلك الساعة تعمل تحت سيطرة برنامج منظم ودقيق وأن أسرار قوانين البرمجة وموادها موجودة في الجينوم وفي كيفية تسلسل الحروف

والكلمات التي تدخل في تركيب الجينوم لكل كائن حي على حدة. يدعم ذلك الاتجاه في اعتقادهم ما اكتشف منذ سنوات قليلة وهو ما يسمى Telomeres وهي عبارة عن مجموعة طويلة من النوتيدات أو الأسس القاعدية التي توجد في نهايات أطراف كل صبغي. وللعلم فإن هذه المناطق من الصبغي لا تحتوي على مورثات (يجب العلم أن مركز الصبغي وطرفيه لا يحتويان على مورثات (انظر الشكل ٢٥)، وبالتالي فإن هذه المناطق من «د. ن. أ» الصبغي ليس لها دور في التحكم في الصفات الوراثية، لكن قد يكون لها دور حساس في حياة الخلية كالدور الذي يقوم به صمام الأمان في القنبلة الموقوتة، فهو يعمل كمؤقت وهو يتوقف عن العمل بحسب التوقيت المبرمج، وأي خلل يحصل فيه سيؤدي إلى انفجاره قبل الموعد المحدد. وفي الواقع لم يجر، إلى الآن، إعطاء البرهان العلمي الواضح على أن سبب الشيخوخة يعود إلى غيابِ أنزيم التيلوميراز. أما التجارب العلمية التي تجرى في المختبر، والتي تعتمد على زرع خلايا الإنسان في أطباق تحتوي على مواد مغذية، فإنها تبين أن هرم هذه الخلايا يتلازم ويتزامن مع التناقص الذي يصيب نهايتي الصبغي وحيث يؤدي إلى فقدان أجزاء من أطراف الصبغي، وهذا ما يحدث على مستوى الخلية. وقد شوهد أيضا أن عملية «التقصير» هذه تكون موجودة في خلايا الأشخاص المسنين مقارنة بحديثي الولادة، وقد لوحظ أيضا أن خلايا السرطان (وهي خلايا تنقسم باستمرار ودون توقف) تمتلك نشاطا عاليا لأنزيم التيلوميراز (انظر الشكل ٢٦).



الشكل (٢٥): الصبغي كما يظهر خلال مرحلة الانقسام الخلوي Metaphase (الصبغي يكون قد تضاعف تماما خلال المراحل السابقة). تحوي كل خلية جسمية على ٤٦ صبغيا الذي هو عبارة عن جزيء واحد من الحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجين «د. ن. أ». ويتميز الصبغي بأنه يحتوي على مركز صغير وطرفين.



الشكل (٢٦): حالة الصبغيات في مراحل فيزيولوجية مختلفة: في الخلايا التكاثرية فإن أنزيم التيلوميراز يساهم في المحافظة على نهايتي الصبغي وبالتالي يحافظ الصبغي على بنيته الأساسية. أما في حالة الخلايا المسنة فإن أنزيم التيلوميراز يكون غائباً ولذلك فإن الخلايا تفقد جزءاً من بنيتها والتي لا يتم تعويضها خلال عملية تضاعف الـ «د. ن. أ» ولذلك فهي وبشكل مبرمج تموت أو تتوقف عن الانقسام كما يحدث في بعض الخلايا في المختبر عندما يتم توقيف نموها. أما في الخلايا السرطانية التي يكون تقاسمها مستمر فإن أنزيم التيلوميراز يكون موجوداً بكميات كبيرة ليقوم بالمحافظة على نهايتي الصبغي من الفقدان.

ولقد استطاع العلماء أن ينتجوا نوعا من الجرذان المعدلة وراثيا تحتوي في خلاياها على صبغيات قصيرة التيلومير، وقد تبين أن هذه الجرذان تموت في عز شبابها وأنها كانت عقيمة جنسيا، وعندما عُزل ما يسمى بالخلايا الجذعية أو خلايا البداءة الأصل Embryonic Stem Cells من بيوض هذه الحيوانات فقد تبين أن الخلايا الجذعية لم تكن قادرة على النمو المستمر، وذلك إذا ما قورنت بالخلايا الجذعية المستخرجة من حيوانات لم يقع فيها أي تناقص في أطراف الصبغي، وكان هذا أول برهان علمي للدور الذي يمكن أن يلعبه التيلومير في إطالة العمر. ولكن تبقى المشكلة من حيث أن الذي رأيناه عند الجرذان ربما لايكون صحيحا عند بني البشر.

التيلومير وعلاقته بالأمراض

من المعروف أنَ الفرق بين جسم الشاب الصغير وجسم الشيخ المسن، يتمحور في قدرة كل منهما على مقاومة الظروف الخارجية الصعبة التي قد تحتوي على كثير من المواد الضارة. فالجسم الشاب يستطيع بجهازه المناعي القوي التغلب على تلك الظروف، في حين أنها قد تقتل الجسم الهرم بسرعة فائقة، وذلك لعدم قدرة جهازه المناعي على مكافحة تلك الأضرار.

وكما ذكرنا آنفا فإن ما جرى تجريبه على الجرذان قد لا يكون صحيحا عند الإنسان، وبما أن التجريب المخبري على الإنسان غير ممكن، ولحاجة العلماء إلى ما يسمى بالنمط البشري للمرض Human Model فإن العلماء ولا سيما في مثل هذه الحالة الملحة ينقبون فيما حولهم آملين إسعاف الطبيعة لهم. وكما هو دأب الطبيعة دائما فقد أنجدتهم وأوجدت الحل المناسب إذ تبين وجود أناس يولدون وهم يمتلكون في خلاياهم صبغيات قصيرة الأطراف، وهؤلاء الأشخاص يعانون من مرض وراثي يدعى مرض خلل التقرن الجلدي الخلقي Dyskeratosis Congenita، وهم يموتون في سن الطفولة نتيجة لعدم قدرة أجسامهم على مقاومة الالتهابات الناتجة.

ومن خلال هذه الملاحظات، يبدو أن أنزيم التيلوميراز هو المسؤول عن المحافظة على الطول الطبيعي لنهاية الصبغي، فله دور كبير في المحافظة على حياة الخلية ولذلك فإن هذا الأنزيم يلقى اهتماما كبيرا من شركات الأدوية والتكنولوجيا، وقد أسست شركة جيرون Geron الأمريكية عدة مختبرات للقيام بأبحاث متميزة في هذا المجال. وتبين التجارب المخبرية أن إضافة التيلوميراز داخل خلايا الجلد يجعل منها دائمة الشباب، أي أنها لا تشيخ بسرعة وهذا سيكون له تطبيقات عملية كثيرة في الطب، وخاصة في علاج تجعدات وتغضنات الوجه التي يصاب بها الإنسان في عمر الشيخوخة.

ماذا لو استطاع العلماء تحديد مورثات الشيخوخة؟

الأبحاث التي تجرى في مجال الشيخوخة لها هدف واحد هو محاولة إطالة العمر، فبدلا من العيش ثمانين أو تسعين سنة، فإن العلماء العاملين في هذا المجال يطمحون لأن يعيش الإنسان إلى عمر أطول من ذلك بكثير، وهو يتمتع بصحة جيدة تتمثل بقلب قوي، وعضلات بارزة، وجلد مفعم بالحياة

والنضارة، وشعر أسود يتسم بندرة الشيب، ومن هؤلاء العلماء من يأمل أن يأتي اليوم الذي نرى فيه شخصا يلعب التنس وهو في المئة الثانية من عمره، وقد نرى امرأة تنجب وهي في سن التسعين. وعندئذ لن يضطر الإنسان منا، والمرأة بشكل خاص، ولا سيما بعد سن الأربعين من العمر، إلى القلق الدائم والتفكير المستمر في اتباع أنجع طرائق الأكل والشرب والقيام بالرياضة الملائمة، وإدمان العقاقير والمساحيق بأنواعها الكثيرة (والخضوع بقلق لتأثير الدعاية والإعلام التجاري ومطاردة كل جديد تلقطه إلينا ادعاءات المحافظة على الشباب الغض النضر، هذه الادعاءات التي تتصل بالوهم من كل سبيل) لنحافظ على شبابنا وألا نغادر هذا الطور الحميم، وذلك كله لنتجاوز هلعنا الرهيب من الشيخوخة ونتائجها المقيتة. وقد يتبادر إلى الذهن اليوم أن هاتيك التصورات لمستقبل شباب الإنسان التي يذهب إليها العلماء - ولهم العذر في ذلك - إنما هي رجم في الغيب أو ضرب من ضروب الخيال، وليس ثمة أمل لتحقيقها. بيد أننا نعيش في العصر الجينومي، ونرى يوما بعد يوم التطورات الرهيبة المتسارعة في فهمنا لكنهِ الحياة وأسرارها، ومن هنا فأنا أطرح هذا الموضوع للنقاش وللتفكر والتفكير العميق الذي يسبر أغواره ويوضح مكنوناته، حيث إنني أعتقد أن كثيرا من الخيال العلمي قد تحول إلى حقيقة واقعة. فمن كان يعتقد، منذ سنوات قليلة، رؤية هذا التطور الهائل في مجال الاتصالات، بل ومن من أجدادنا تصور أن الإنسان سيضع قدميه على سطح القمر؟! ومن منهم تصور رؤية طائرة الكونكورد التي تعبر العالم بساعات قليلة؟! ومن كان من أجداد أجدادنا تصور..... وتصور.....؟!

يعتقد العلماء أن الميراث العلمي الذي تملكه البشرية يتضاعف بمرور فترة زمنية تقدر بعشر سنوات، فمثلا إن مجموع المعارف والحقائق العلمية تضاعف عام ١٩٥٠ عما كان عليه عام ١٩٤٠، وهكذا فإن المعارف العلمية التي سادت في عام ٢٠٠٠ قد زادت بنسبة ٦٠٠ ٪ عما كانت عليه عام١٩٤٠, من هنا، فإن المعارف الإنسانية ستزداد بشكل مذهل، خاصة فيما يتعلق بالعلوم الحياتية. وللبقاء في مجال الشيخوخة سأضرب مثلا لتطور هذا المجال عينه، فقد نشرت مجلة العلوم الأمريكية Science المعروفة، في السابع عشر من شهر أبريل ٢٠٠٣ بحثا علميا استثنائيا لعلماء من مدينة مرسيليا الفرنسية أظهروا فيه اكتشافهم لمورثة خاصة مسؤولة عن مرض الشيخوخة المبكرة الذي يسمى Hutchinson-Gilford Progeria

Syndrome، وهذا المرض يصيب الإنسان منذ ولادته، ومن أهم أعراضه هو الظهور المبكر لملامح الشيخوخة والهرم وسرعان ما يصل الطفل إلى نهاية عمره فيموت وهو لا يزال في الثالثة عشرة من عمره. ومعظم الوفيات تنتج عن أمراض السكتة القلبية. وقد وجد العلماء أن سبب الشيخوخة المبكرة لدى هؤلاء الأشخاص يعود إلى تغير حرف واحد في المورثة المسماة LMNA مقارنة بالأشخاص العاديين الذين يحيون حياة طبيعية قد تمتد بهم إلى مائة عام، وهكذا فقد أوضح العلماء أن الفرق بين الشخص، الذي كتب له أن يعيش لمدة وجيزة لا تجاوز الثلاثة عشر عاما، وآخر كتِبَ له أن يعيش إلى الثمانينيات من عمره هو حرف واحد في الجينوم. ولذلك فتغير هذا الحرف في الجينوم يعد التعليل الأوحد لهذا الفارق المريع في طول العمر وقصره. وقد أكد أصحاب هذا الاكتشاف أن أول تطبيق عملي لاكتشافهم سيسعد هؤلاء المرضى، حيث سيشخصون تشخيصا صحيحا في بادئ الأمر وذلك من خلال قراءة أحرف مورثاتهم، وفي مرحلة لاحقة سيتمحور التركيز على تصويب الخطأ وتصحيحه؛ من خلال محاولة إعادة الحرف الصحيح وإزالة الخطأ من الجينوم ليتمكن هؤلاء الأطفال من العيش حياة طبيعية تمتد، كما هو مألوف، إلى متوسط الأعمار الطبيعية في بيئة ومجتمع محددين، وبالتالي يتمكن هؤلاء من إنجاب الأبناء وتمكينهم - ربما - من رؤية أحفادهم أو أحفاد الأحفاد في غطاء سيرورة الحياة الطبيعية. ويطمح العلماء، الآن، إلى دراسة دور هذه المورثة في تطور أدوار الشيخوخة الطبيعية وأطوارها، وسيكون ذلك من خلال دراسة أحرف هذه المورثة عند المعمرين من البشر ليتعرفوا على علاقتها بطول العمر، وتجدر الإشارة إلى وجود عدد كبير من مراكز الأبحاث العالمية التي تهتم بأبحاث تتعلق بالشيخوخة، وقد يساعد اكتشاف الشفرة الوراثية للجينوم البشري هؤلاء العلماء على الحصول على النتائج المرجوة بأسرع وقت ممكن، يحدوهم عظيم الأمل في أن ينتفع أبناؤهم أو أحفادهم من الثمار التي يجنونها، وغالب الظن أنهم يميلون إلى الاعتقاد بأنهم، أنفسهم، لن ينتفعوا مما قد تتمخض عنه جهودهم الحميدة تلك.



١٥ ماذا ستربح البشرية بالاستنساخ؟ وماذا لو كان المجتمع برمته من الأقوياء؟

استنساخ الإنسان... هل سيغدو حقيقة واقعة؟

الاستنساخ هو تكوين مخلوقين أو أكثر، كل منهما نسخة إرثية من الآخر، وهو نوعان:

أحدهما: الاستتآم أو شق البيضة، ويبدأ ببويضة مخصبة (بويضة لقحها حيوان منوي)، تنقسم إلى خليتين أو أكثر (مئات)، فتتحفز كل خلية من هذه الخلايا إلى البدء من جديد، وكأنها الخلية الأم، وتصير كل واحدة جنينا مستقلا، وينتج عن ذلك أن جميع الأجنة المنتجة ستكون متطابقة جينيا؛ لصدورها في الأصل عن بيضة واحدة. وقد جربت هذه العملية على الجنين البشري لاستنساخه بهذه الطريقة لأول مرة في عام ١٩٩٣، وفيها شقت البويضة الملقحة خلال مرحلة الخليتين وجري حفز البيضة المخصبة إلى سلوك النهج، الذي تتبعه طبيعيا؛ لتكوين التوائم المتماثلة، حيث تتصرف كل من الخليتين عند أول انقسام للبيضة، وكأنها بيضة جديدة تماما، تأخذ في سلسلة التكاثر بالانقسام في اتجاه تكوين جنين مستقل، فإن أودع الجنينان الرحم، وضعت السيدة توأمين متطابقين؛ لأنهما نتاج بيضة واحدة. ولم يستكمل البحث؛ نظرا لإحجام العالمين

«إن اشتراك فردين في المادة الوراثية ذاتها قد لا يعني أن يكون له الأثر نفسه في حياة كليهما».

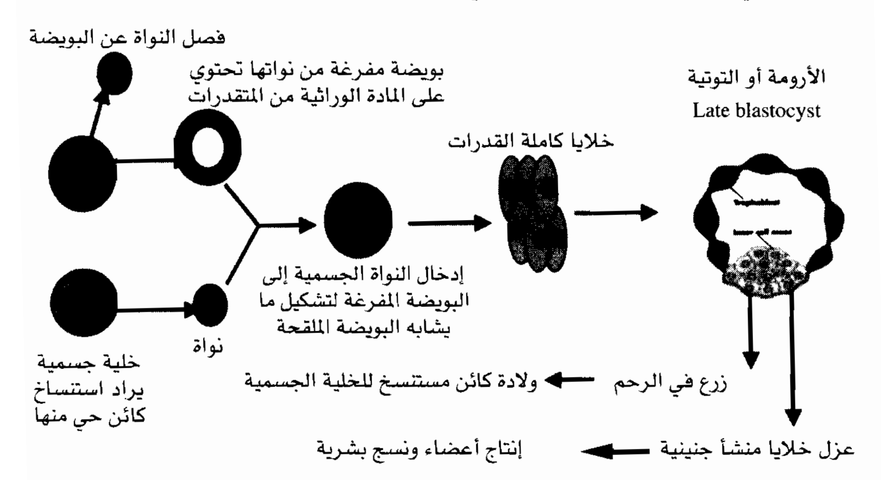
المؤلف

المبتكرين عن زرعهما في الرحم، وذلك لأن التجارب على الجنين البشري أمر حساس وخطير. ولا بد من مرور وقت حتى تستقيم ضوابطه الأخلاقية والقانونية. وقد كان للمنظمة الإسلامية للعلوم الطبية الرأي التالي في هذا النوع من الاستنساخ:

«إن الطريقة من حيث مبدأ التلقيح سليمة، لكن تقويمها من ناحية النفع والضرر لا يزال في طي المجهول. ومن منافعها القريبة المنال إمكان تطبيق الوسائل التشخيصية على أحد الجنينين، أو خلايا منه، فإن تأكدت سلامته سمح بأن يودع الحمل الرحم، وكذلك التغلب على بعض مشاكل العقم، وينطبق عليها كل الضوابط المتعلقة بطفل الأنابيب».

والآخر: الاستنساخ العادي، الذي لا يعتمد على الخلايا الجنسية، وإنما يكون بوضع نواة خلية جسدية، داخل غلاف بويضة منزوعة النواة. وتتكاثر الخلية الناتجة إلى جنين، هو نسخة إرثية تكاد تكون طبق الأصل من صاحب الخلية الجسدية.

إن استنساخ الإنسان حسب الطريقة الثانية يعني أن تأتي بإنسان كامل من خلية جسدية تنتمي لإنسان آخر ويكون الإنسان الجديد مطابقا للإنسان الذي أخذت منه الخلية بنسبة ٩٩,٩٩٩٩٩ ٪، ويكون الخلاف فقط بحصول الإنسان المستنسخ على «د. ن. أ» من ميتوكوندريا الخلية الأم وليس من ميتوكوندريا الخلية التي استخدمت نواتها فقط في عملية الاستنساخ (انظر الشكل ٢٧).



الشكل (٢٧): يمثل الطرق المستخدمة في تجارب الاستنساخ «تكنولوجيا نقل النواة»، والخطوة الحساسة هي إمكان الحصول على الخلايا الكاملة القدرات، التي يمكن لكل منها أن يعطي جنينا مطابقا للخلية الجسمية التي عزلت منها النواة، وللعلم فإن كل القوانين العالمية تمنع استخدام هذه الخلايا في التجريب على الأجنة البشرية.

أما موضوع التحسين الوراثي للإنسان (Human Enhancement) فهو أن يتم إدخال تغيرات وراثية في الخلايا الجنسية للأب أو للأم، وبعد عملية التزاوج الطبيعي يولد الأطفال وهم يحملون في جميع خلاياهم الصفات الوراثية الجديدة التي تم تعديلها في خلايا آبائهم التكاثرية، وهكذا فإن عملية التحسين الوراثي لن تحتاج إلى عملية الاستنساخ الشديدة التعقيد وستكون بسيطة، كما أنها لن تحتاج إلى تلك الإمكانات الخيالية التي تحتاج إليها عملية الاستنساخ.

وأنا أرى أن موضوع الاستنساخ ليس موضوع الساعة، فثمة أمور أكثر احتمالا يجري تطبيقها في المستقبل القريب من موضوع الاستنساخ، فلو عدنا إلى موضوع التجربة الناجحة في النعجة دوللي لوجدنا أن نسبة النجاح كانت تلك المرة الوحيدة التي أنتجت دوللي بعد ٢٧٧ محاولة (المرجع ١) ويعود ذلك لعدم فهمنا الدقيق للبرنامج الوراثي الذي يحكم عملية التطور الجنيني في مراحله المبكرة وكذلك فإنني أعتقد أن نجاح تلك التجربة أو غيرها على حيوانات أخرى لن يعني أن التجربة ستنجح إذا ما جربت على الإنسان، فعملية التطور الجنيني للإنسان تختلف عن جميع الحيوانات التي تم استنساخها إلى الآن، والسؤال الآخر الذي أود طرحه هو : ما الفائدة المبتغاة من وراء استنساخ الإنسان لنفسه، خاصة إذا استطعنا من خلال عملية التحسين الوراثي حل مشكلة العقم التي قد تكون من أشد الأسباب إلحاحا على الرغبة في الاستنساخ؟

وعموما فإن اشتراك فردين في المادة الوراثية ذاتها قد لا يعني أن يكون له الأثر نفسه في حياة كليهما، فنحن نعرف ذلك من دراسة التوائم المتطابقة حيث ينقسم الجنين في مراحله المبكرة ليعطي جنينين أو أكثر، ويكونان متطابقين في مادتهما الوراثية بنسبة ١٠٠ ٪ أي أكثر تطابقا من تلك الحيوانات التي جرى استنساخها، بما في ذلك النعجة دوللي. وعلى الرغم من أن التوائم المتطابقة تتميز بأنها تتطابق وراثيا وبأنها عاشت في الرحم وولدت في اليوم نفسه فإن حياتها التي ستعيشها ستكون مختلفة، فلو أخذت توائم من أختين فقد يتشابهان إلى حد بعيد بالشكل (كالطول ولون بشرة الجلد ولون الشعر) وكذلك بالمزاج، إلا أن إحداهما سوف تختار أن تكون مهندسة، أما الأخرى فإنها سوف تتابع دراسة جامعية أخرى لتصبح فنية مختبر أو

محامية، وقد تجد أنهما يختلفان في درجة الالتزام الديني، وهناك احتمال أن يموتا بزمنين ولسببين مختلفين (شاهد الشكل رقم ٢٨)، وهكذا فهناك من يعتقد أن ما نحمله من ذخيرة وراثية لن يعكس دائما الشكل أو الصفات أو العادات التي سنتمتع بها، ولذلك فليس من الضروري أن يكون للشخص المستنسخ الصفات نفسها لذلك الشخص المنسوخ، ولذلك فإن المجلس القومي الأمريكي لإعطاء المشورة حول المسائل الأخلاقية قد سمى المستنسخ والمنسوخ «التوائم المتأخرة» ولم يسمهما التوائم المتطابقة (المرجع ٥١)، وهذا يعني أن تلك التوائم المستنسخة وراثيا، على خلاف التوائم المتطابقة، تولد بأوقات مختلفة ولا تتطور في رحم واحد ولا تنتمي لعائلة واحدة، وهكذا فإن الفرق بين المستنسخ والمنسوخ سيظهر جليا في الشكل والمزاج، على الرغم من أنهما متطابقان وراثيا. وقد تساءلت سابقا عن فائدة الاستعاضة بالاستنساخ عن التكاثر الطبيعي من خلال التزاوج الذي عرفته البشرية منذ الأزل.



الشكل (٢٨): منى (يمين الصورة) ومايا (يسار الصورة)، توأم حقيقي، فهما متطابقتان ١٠٠٪ في أحرف شفرتيهما الوراثتين، وعلى الرغم من ذلك فإن منى اختارت أن تدرس الهندسة المدنية، وهي تعمل الآن مهندسة في إحدى الشركات المعروفة ولا تزال عازبة، أما مايا فقد درست علم الحياة وهي تعمل فنية في أحد المختبرات التابعة لجامعة الكويت، وهي متزوجة ولها طفل وهما خير مثال لتفاعل الموروثات مع البيئة والتأثيرات الممكنة في المستقبل.

ما الأسباب الموجبة لعملية الاستنساخ؟

يوجد حاليا بعض المؤيدين وكثير من المعارضين لفكرة الاستنساخ، وسأسرد هنا بعض الأسباب التي تلح في الحاجة إلى عملية الاستنساخ، أي أنني سأقدم الحجج التي يعرضها حزب المؤيدين لهذه الفكرة ، وسأحاول أيضا أن أتحدث عن النتيجة التي ستؤدي إليها عملية الاستنساخ، وعن إمكان وجود طرائق أخرى كبدائل يمكن أن نستعيض بها عن الاستنساخ.

السبب الأول: إن استنساخ الشاب الصغير (طارق) الذي لقي حتفه مع والده في حادث سيارة وكان يومها في ربيعه الرابع عشر - مثلا - حيث ظلت أمه وحيدة تكابد مرارة الثكل والفقد، يبدو سببا وجيها من حيث التعاطف والإشفاق على هذه الأم الثكلى المفجوعة. فهي فقدت كل شيء من حولها، الزوج، والابن الوحيد، وبما أنها لن تستطيع الحمل والإنجاب - ناهيك عن الزواج - مرة أخرى فقد يجول في خاطرها فكرة استنساخ طارق ليعود إليها وليخفف عنها بعض مآسيها، و قد تعتقد أم طارق أن عملية الاستنساخ هذه ستعيده إليها كما هو ولا سيما أنها سمعت أخيرا، من التلفاز أخبارا مفادها أن بعض العلماء قد تمكنوا من استنساخ الطفلة حواء، وأن الطفلة وأمها تتمتعان بصحة جيدة. وبهذا يكون الهدف من الاستنساخ هو إعادة الحياة إلى الطفل من جديد لأسباب قد تكون مقنعة للبعض، خاصة إذا ترك أمر الاستنساخ حسب ما يسمى بالحرية الشخصية وأن لا علاقة للمجتمع بإبداء الرأي فيه. وهنا يجب القول إنه ما من شيء يضمن، على المستوى العلمي، أن الطفل المستنسخ - وحتى لو طابق طارق مائة بالمائة من الناحية الوراثية، وحتى لو حمل في الرحم عينه - سيكون هو طارق نفسه الذي مات في الحادث، ومن هنا فإن بعث الحياة من جديد بواسطة خلية من خلايا الطفل الذي مات لن يرجع إلى الأم ابنها الذي مات، ومع كل اعتبارات الإرث التي قد تكون من حمل الاسم والتربية والبيئة والحفاوة بالبعث الجديد والاتصال بالسيرة الخاصة بالفتى الذي مات من لعب وملابس فلن يكون هو ذاته، وفي الواقع فقد يتساءل البعض عن نوع القرابة التي توجد بين الشاب المتوفى والشخص المستنسخ - لو تمت العملية - فهل سيكون بمثابة أخيه أو أبيه؟ فهو لن يكون هو نفسه، ومن هنا فإني أفضل تسمية يمكن أن تمثله بواقعية وموضوعية وهي «توأمه الوراثي» كما أشرت آنفا. ولعله من الصواب التساؤل عن الرأي الإسلامي وتعليلاته في هذا النوع من الاستنساخ؟!

السبب الثاني: الاستنساخ بهدف أن يخلد الشخص مورثاته في الأجيال المتعاقبة، وهذا لن يكون ممكنا لأن المستنسخ ـ كما ذكرنا سابقا ـ لن يكون، بالضرورة، صورة لمورثاته التي حصل عليها من توءمه الوراثي، أضف إلى ذلك أن المستنسخ إذا تزوج فإن أولاده سيحملون نصف مورثات المنسوخ الأول، وهكذا فإن تخليد الشخص لن يستمر، أما إذا أجريت عملية استنساخ جديدة للشخص المستنسخ فهو، كما ذكرنا، سيختلف بشكل أكبر عن المنسوخ الأول. وحسب اعتقادي فإن رأي الدين الإسلامي لا يجيز هذا النوع من التخليد، حيث إن الإسلام يرفض فكرة الخلود الإنساني في الحياة الدنيا، ويعتبر أن صفة الخلود لا تنطبق إلا على الله خالق الكون حيث يقول الله تعالى في سورة آل عمران «كل نفس ذائقة الموت....»، ويقول أيضا في سورة القصص «كل شيء هالك إلا وجهه...»، على الرغم من أنه يؤكد خلود الإنسان في الجنة أو في النار حيث يقول الله تعالى في سورة البقرة «بلى من كسب سيئة وأحاطت به خطيئة فأولئك أصحاب النار هم فيها خالدون، والذين آمنوا وعملوا الصالحات أولئك أصحاب الجنة هم فيها خالدون». وهنا يبرز السؤال حول عملية الخلود هذه وآليتها، ولا أعرف ما إذا نوقشت فكرة الخلود وكيفيتها من قبل علماء المسلمين أم لا؟ وقد يختلف الخلود في النار أو الجنة بالنسبة للبشر عما هو مقصود بفكرة الخلود التي قد يحققها استنساخ البشر، ويتحدث العلماء الآن عن الفرق بين استنساخ جسد الشخص من جهة، واستنساخ الذاكرة من جهة أخرى. فلو تخيلنا أن العلماء قد توصلوا إلى استنساخ جسد طارق بمورثاته، كما ذكرنا آنفا، فستبقى مشكلة أخرى وهي ذاكرة طارق التي عاشها خلال أربعة عشر عاما، أين ستذهب تلك الذاكرة؟ وكيف ستتعامل مع الذاكرة الجيدة التي ستتكون في الجسد الجديد؟! ويبدو واضحا أن موضوع استنساخ الذاكرة والجسد في آن واحد بعيد المنال، والحديث عن استنساخ بعض الحيوانات، ومنها دوللي، لم ولن يقدم أي إيضاح لموضوع استنساخ الذاكرة حيث من الصعب علينا أن نعرف الطريقة التي تفكر بها الحيوانات بشكل دقيق، وهكذا يجب علينا الانتظار طويلا لمعرفة بعض جوانب الحقيقة في هذا المجال.

أما موضوع خلود الذاكرة والجسد في الجسم نفسه، فقد تطرق إليها المسلمون في العصور الماضية، فقد تحدث المعتزلة بإسهاب عن فكرة طول البقاء، ويعتقد المسلمون أن الإمام الثاني عشر، المهدي المنتظر، لا يزال حيا

(بأمر الله)، وإن كان هناك بعض الخلاف بين الشيعة والسنة في شخصية المهدي المنتظر إلا أنني أوردت هذا الرأي لأؤكد الفكرة التي يتفق عليها الجانبان، وهي أن هناك بشرا (وهو المهدي المنتظر) يستطيع العيش إلى آلاف السنين (دون أن يموت) وسنراه في يوم ما عندما تقوم الساعة.

السبب الثالث: استنساخ شخص (المستنسخ) من شخص آخر (المنسوخ)، ليتم استخدام أعضائه كقطع غيار للشخص المنسوخ أو لغيره حين الحاجة، وذلك لأنه في هذه العملية يتم توفير الأعضاء الصالحة للزرع كالقلب والكلى والكبد، حيث إنه في الوقت الحاضر توجد مشكلة في توفير هذه الأعضاء لكل الأشخاص الذين هم في حاجة إليها، وهنا يجب القول إن الشخص المستنسخ هو كائن حي، وله حق العيش ويجب احترام حقه هذا في الحياة، وكذلك فإن عملية الاستنساخ ستأخذ وقتا طويلا وهناك احتمال كبير أن الشخص المستنسخ سيصاب بنفس المرض الذي أصيب فيه الشخص الذي أعطى النواة، حيث إن مورثاتهم هي نفسها، فإذا كان سبب الاستنساخ هو توفير كلية من المستنسخ فما الذي يضمن أن هذه الكلية لن تصاب بالفشل. وتحاول الأبحاث العلمية اليوم أن تستنسخ الجسم كاملا ما عدا الرأس، وهذا سيسمح بأن تتوافر جميع أعضاء الإنسان بشكل يسير. ولكن يجب القول إن تجارب اليوم لم تُكلل بالنجاح، ولكن قد لا يكون هذا من المستحيلات، ولهذا فإن هذه القضية يجب أن تناقش بشكل واسع من المنظور الإسلامي، حيث إنني أتوقع أنه سيتم في المستقبل إنشاء شركات متخصصة لبيع الأعضاء البشرية، وقد تكون هناك شركات متخصصة لبيع القلوب وأخرى لبيع العيون، وهكذا ستتحول أعضاء الجسم إلى تجارة، وقد نرى التنافس التجاري، فقد تكون هناك شركات تقدم العروض الخاصة والتنزيلات في مناسبات الأعياد على بعض البضائع (الكلى والعظام وغيرها)، وسيتعين عندها على المستهلك (المريض) أن يتصل بطبيب يفهم بأمور الوراثة الطبية حتى يشرح له المواصفات الدقيقة للعضو المستنسخ، وربما تقوم الشركة البائعة بتزويد زبائنها الكرام بالخريطة الجينومية للشخص الذي تم نسخه، وكل ذلك ليثبت للزبائن أن قطع الغيار التي تعرضها شركته هي، إن جاز التعبير، أصلية وقد استنسخت من شخص قوي البنية لم يمرض في حياته، وأن والديه قد تجاوزا الثمانين عاما ولم يزورا المستشفى، وقد تزود الشركة أيضا زبائنها بالصور

الحقيقية لأهل المنسوخ وهما يتمشيان في إحدى الحدائق العامة، ولهذا فإنني أرى أن هذا السيناريو سيكون ممكنا في المستقبل القريب، وأنا واثق أن بعض المرضى ممن هم في حاجة إلى بعض الأعضاء، ينتظرون أن يتحقق هذا السيناريو في أسرع وقت ممكن، وسوف يحل مشاكلهم، خاصة بالنسبة إلى الأطفال الذين هم في حاجة إلى مثل هذه الأعضاء، ولهذا فإنني أنبه المرضى إلى أن ذلك قد يتحقق في القريب، وآمل أن يأخذ علماء المسلمين موقفا واضحا من إمكان استنساخ جسم كامل من دون رأس، لأنني أتوقع أن المجتمع الغربي يسير بهذا الاتجاه، لكي يحل مشكلة الملايين من أبنائه الذين ينتظرون ويراقبون قوائم الانتظار الطويلة فيما يخص زرع الأعضاء، حيث يجري الاعتماد بشكل رئيسي على الأعضاء التي يستحوذ عليها من أصحاب حوادث الطرقات وغيرها. وللعلم فإن هذه الطريقة لا تحل إلا نسبة ضئيلة جدا مقارنة بالطلب العالي لهذه الأعضاء، ولا ننسى أيضا ما نسمعه عن مآسي التجارة بأعضاء الإنسان التي تأتي من البلدان الفقيرة، حيث يبيع الناس عيون وكلى أولادهم إلى العصابات الدولية التي تقوم بتأمين تلك الأعضاء لمصلحة أغنياء الدول الغربية.

السبب الرابع: إجراء الاستنساخ للشخص المريض لمنع انتقال المرض إلى ذريته: فهناك بعض الحالات التي يكون فيها أحد الأبوين مصابا بمرض وراثي سوف ينتقل إلى نسله في حالة زواجه من شخص آخر سليم، ويمكن أن نتصور وضع امرأة مصابة بمرض وراثي سائد الصفة Dominant وموجود على كلتا المورثتين (مورثتها التي حصلت عليها من أمها وتلك التي حصلت عليها من أبيها) وفي هذه الحالة فإن جميع أولادها ذكورا وإناثا سيصابون بالمرض، ويمكن للمرأة أن تتحاشى انتقال المرض لنسلها إذا تمت عملية الاستنساخ، حيث تؤخذ نواة الخلية من الأب وتحقن في بويضة الأم، وبعد ذلك يتم زرعها في رحم الأم، وهكذا فإن الوليد الجديد سيكون التوءم الوراثي لأبيه الذي أعطى النواة، أي أن مورثاته ستكون متماثلة بنسبة ٩٩,٩٪ لمورثات المانح أو المعطي (The Nuclear Donor). أما الأم فستمنحه مورثاتها المجودة في الميتوكوندريا، وهي لا تعادل إلا حوالي ٠,٠١ ٪ من مجموع مورثاته، ولكن على الرغم من قلة المواد الوراثية الممنوحة فإننا نستطيع القول إن هناك قرابة وراثية بين الأم ووليدها، أي أنها ليست غريبة عنه، بالإضافة إلى قرابة

الرحم، فهي أيضا حملته في رحمها لمدة تسعة شهور متتالية، والمشكلة التي يعرضها هذا النوع من الاستنساخ أن الطفل الوليد سيكون أكثر علاقة في مورثاته إلى الأب منه إلى الأم، حيث إن الوضع الطبيعي في التكاثر الذي نعرفه هو أن المولود الجديد يحمل نصف مورثات أبيه ونصف مورثات، أمه وهذا بالطبع نوع من العدل المطلق الذي يتميز به العدل الإلهي. أما في الحالة التي يكون فيها الزوج هو الحامل للمرض فعندئذ ستكون المسألة أشد تعقيدا، حيث ستؤخذ النواة التي تستخدم في عملية الاستنساخ من الأم وتُحقَّن إلى بويضة الأم، وستُزرَع في رحم الأم، وفي هذه الحالة فإن الأم ستساهم بمائة بالمائة من المادة الوراثية للمولود الجديد، بالإضافة إلى حمله في رحمها. أما علاقة الجنين الوراثية مع الأب فستكون صفرا بالمائة، ولا يربطه به أي نوع من القرابة أو الصلة الوراثية، وهناك الحالة الثالثة في هذا المجال، وهي عندما يكون العطل الوراثي موجودا في مورثات الميتوكوندريا للأم، وهنا يجب استخدام الأم أو الأب كمانح للنواة. أما الأم فلا يمكن أن نستخدم بويضتها، وعلينا أن نأخذ بويضة من أم أخرى تتبرع بالبويضة، وستكون النتيجة كالتالي: في حالة كون الأب هو المانح للنواة فإن علاقة الطفل الوراثية ستكون ٩٩,٩٪ و ٠,١٪ مع المرأة المتبرعة بالبويضة، وعلاقتها مع الأم تقتصر على الرحم. أما إذا استخدمت نواة الأم في عملية الاستنساخ فإن علاقة الطفل الوراثية ستكون أقوى مع الأم (٩٩,٩٪ + الرحم) وعلاقته الوراثية مع الأب صفر بالمائة، ومع المرأة المتبرعة ٠,١ ٪، وفي كلتا الحالتين فإن هذا النوع من الاستنساخ يتطلب أن يشارك الأهل شخص آخر لنجاح عملية الاستنساخ والحصول عل طفل خال من الأمراض التي تحملها الأم. وهنا أيضا تقتضي الضرورة أن يوضح المشرع الإسلامي المسألة وجوانبها الشرعية. وهنا تبرز أيضا قضية علاقة القربى بين المستنسخ وهؤلاء الذين يرتبطون معه سواء في العلاقة الوراثية أو ما يسمى صلة الرحم، ثم ماذا سيكون حق الجنين في الإرث من أهله ولنتصور أن الطلاق قد وقع بين الأهل فكيف سيكون مصير هؤلاء الأطفال المستنسخين، فهل إذا ساهمت الأم برحمها لحمل الجنين خلال الأشهر التسعة، وكيف سيكون حقها في الجنين الذي ساهمت به بـ ٩٩,٩ ٪، بالإضافة إلى مساهمتها في الرحم، ثم كيف سنقسم الحقوق حين يساهم الأب بـ ٩٩,٩ ٪ من المواد الوراثية

للطفل، في حين أن الأم لم تعطه سوى ٠,١ ٪ من مورثاته، ثم كيف ستكون الحال عندما يكون الطفل نتيجة لمساهمة الأب بـ ٩٩,٩ ٪ والأم فقط برحمها وباقي المواد الوراثية قد حصل عليه من امرأة ثانية ساهمت بـ ٠,١ ٪ من مجموع المادة الوراثية للطفل.

الشروط التي يجب توافرها للتدخل في الاستنساخ الوراثي

سأطرح هنا الرؤية التي اقترحها James C. Peterson في كتابه Genetic Turning Points المنشور عام ٢٠٠١ (المرجع ٢١) حيث يركز فيه على أربع نقاط يجب التأكد منها قبل القيام بعملية الاستنساخ وهي كالتالي:

(١) أن تكون التقنيات المستخدمة لإجراء عملية الاستنساخ مأمونة من الأخطار، وأن تكون فعالة. وللأسف الشديد فإن التقنيات المتوافرة حاليا لا تفي بهذا الشرط، حيث إن الطرق التي استخدمت لإنتاج النعجة دوللي ضحت بـ ٢٧٧ جنينا من أجل الحصول على النعجة دوللي، ويأمل العلماء الآن بأن مسألة فعالية التقنيات المستخدمة، نتيجة للتدريب المستمر على حيوانات التجربة، سوف تتحسن في المستقبل، ولكن يجب القول إن التقنيات التي ستستخدم لاستنساخ الإنسان يجب أن تكون فعالة ومضمونة النتائج ١٠٠٪، فليس من المعقول أن يقبل المجتمع بخسارة عدد كبير من الأجنة الإنسانية خلال عملية الاستنساخ.

(٢) يجب ألا تؤدي عملية الاستنساخ إلى هدر حقوق المستنسخ أو كرامته الإنسانية. والواقع أن تحقيق هذا الشرط قد يكون من المستحيلات، فمن الذي يعرف ما الذي سيحس به الشخص المستنسخ وكيف ستكون نظرته إلى المجتمع؟! ثم هل من حقنا أن يحدد شخص ما مورثات الشخص الآخر، حيث إن الذي يجري خلال عملية الاستنساخ أننا نحدد مسبقا ودون أن نسأل الشخص المستنسخ عن رأيه في مورثاته التي ستكونه وتكون شخصيته المستقبلية، وهذا على عكس الطريقة التي عرفت حتى الآن في كيفية خلق البشر فكل إنسان ولد أو سيولد على وجه هذه الأرض فهو نسخة وحيدة لا مثيل لها في تركيبها الوراثي (ما عدا التوائم المتطابقة التي تكون متشابهة ١٠٠ ٪ في تكوينها الوراثي)، ولذلك فإن الناس متساوون في طريقة اختيارهم لمورثات أجسامهم، أما الإنسان المستنسخ فإن مورثاته ستكون معروفة سلفا.

ولذلك فقد يعرف متى وكيف سيمرض، ولا نعرف فيما إذا كان ذلك سيؤدي إلى فقدان الحماس والمنافسة وربما الشعور باليأس، فتصور مثلا أنك ستعرف ومنذ طفولتك أنك ستصاب بمرض سرطان الرئة في سن الأربعين، وما الذي سيخلفه ذلك على قدرتك في مجابهة مصاعب الحياة.

(٣) يجب التأكد من أن نواة الشخص المانح أو الواهب تحتوي على مورثات قوية غير مصابة بأي مرض أو ضعف ولذلك تجب معاينتها بكل الطرق الممكنة حتى لا يكون هناك أي مفاجأة غير سارة.

(٤) يجب أن يلجأ إلى عملية الاستنساخ فقط في حالة الضرورة القصوى وبعد أن تستنفد كل الوسائل الأخرى - إن وجدت - وخاصة أن تكاليف عملية الاستنساخ ستكون خيالية، ولا سيما في بداية الأمر.

ويمكن أن نضيف إلى هذه الشروط الأربعة شرطا أساسيا آخر وهو وجود الحاجة الملحة إلى عملية الاستنساخ، ويبقى السؤال الدائم: ما الذي نعنيه بالحاجة الملحة ومن هو صاحب القرار في تحديدها بدقة، وهل وجود قوانين واضحة من المجتمع سيلزم الأفراد بها، وما الضمانة أن السوق السوداء في هذه المجالات لن تكون أنشط وأفضل من السوق السوداء التي تباع فيها الآن عيون الأطفال الفقراء لينعم بنظرها من يملك المال؟!

مستقبل الاستنساخ وآثاره

الإعلان عن استنساخ جديد لجنين هجين من خلية إنسان وبويضة بقرة، هل سيفتح المجال لعلاج الأمراض المستعصية، أم سيكون بداية لمشروع استنساخ الإنسان؟

إن كان العلماء الذين طوروا أول جنين بطريقة الاستنساخ قد أسموه دوللي فإن الجنين الجديد الذي أعلن عن تطويره أخيرا لا يزال ينتظر اسما، ومن الواضح أن العلماء الذين كانوا وراء تطويره يجدون صعوبات جمة في العثور على الاسم الملائم لهذا الكائن الجديد، فالأب عبارة عن خلية جسمانية إنسانية (ليس نطفة)، والأم - إن جاز التعبير - ما هي إلا بويضة بقرية فرغت من نواتها. وكذلك فإن المشكلة ستكون أكثر تعقيدا حين سنعرف من التي ستكون صاحبة الحظ في حمل هذا الجنين خلال الأشهر التسعة، هل هي البقرة صاحبة البويضة أم هي امرأة ستتبرع بحمله لقاء بعض الأجر؟

وهكذا فإن المتتبع للتطور العلمي الهائل في مجال العلوم الطبية، وخاصة ما يحصل من تقدم في مجالات علم الأحياء الجزيئي، يشعر بالقلق والحيرة، وأحيانا بالخوف مما قد يخبئه المستقبل من مفاجآت قد تكون غير محمودة العواقب في ما يخص مستقبل الإنسان، هذا الشعور ينبع من الخوف من استخدام هذه المعارف بطرق غير صحيحة، قد تؤدي في النتيجة إلى الإضرار بالإنسان، وربما تؤدي إلى نهايته! وعلى الرغم من ذلك فإن هذا التطور العلمي يحمل بين طياته، الأمل بتخليص الإنسان من مشاكل عديدة، وقد يؤدي به إلى سعادة أكثر خلال فترة حياته نتيجة لتخلصه عن طريق هذا التطور العلمي من المعاناة من الكثير من الأمراض.

كذلك فإن هذا التطور المدهش في مجال علم الأحياء الجزيئي يبعث في النفس الإنسانية الرغبة في التخيل إلى حد الحلم بأشياء قد تكون في وقتنا الحاضر مجرد أضغاث أحلام، إلا أنها قد تتحول إلى حقائق قابلة للتطبيق في الغد القريب، وهكذا فان العاملين في مجال البحث العلمي يصعب عليهم التمييز بين الحلم والحقيقة بل هم يعيشون في عالم آخر يقع بين بين، وهذا يساعد الباحث العلمي على الاستمرار في استثمار ما يجول بخاطره من دون ملل أو كلل، آملا بأنه سيساهم في مساعدة ذلك الشخص المريض الذي ينتظر بصبر مرير وقنوط قاتل وهو على سرير المرض، بالإضافة إلى ما يملكه الباحث من رغبة كامنة في داخله لمعرفة أسرار الحياة ولحل بعض ألغازها الغامضة.



11

تحسين النسل الوراثي ومستقبل الإنسان

«لا تزال التكهنات التي تتحدث عن التحسين الوراثي للإنسان تراوح مكانها ولا تخرج عن نطاق الآمال».

المؤلف

من غالتون إلى هتلر ورائل

قال غالتون، الذي يعد أول الدعاة إلى تحسين النسل البشري في التاريخ الحديث: «إن ما تنجزه الطبيعة على نحو أعمى وجائر، قد ينجزه الإنسان بحكمة وسرعة وعطف». وهو يقصد أن الإنسان يستطيع أن يتحكم في مسار التطور الإنساني وأن يدفع بهذا التطور في الاتجاه الذي يريد. ولم يستطع غالتون أن يحقق نظرياته لسبب واحد هو أن العلم في أيام غالتون لم يكن بهذا التطور والتقدم الذي نعرفه اليوم. ويستخدم الإنسان العلم لمعالجة عدد كبير من الأمراض والأوبئة التي تصيبه، فهناك المضادات الحيوية والمخدر، واكتشف الإنسان الأدوية الفعالة التي قضت على أمراض الجرب والملاريا والسل الرئوي والكوليرا، ولكن ما نتحدث عنه اليوم ليس لمعالجة الأمراض والعيوب التي تولد مع الإنسان، وإنما نقصد استخدام العلم لتحسين وتفعيل القدرات البشرية، فقد أصبحت الجراحة التجميلية في السنوات الأخيرة من أهم فروع

الطب، وكذلك فإن من المهم أن يكون للفريق الرياضي أفضل الأطباء الذين يصفون لهم الأدوية الفعالة لتحسين أدائهم الرياضي في المنافسات الرياضية. وفي أمريكا وأوروبا، وبعد التطور في علم الحياة الجزيئي، وخاصة المتعلق بفهم آليات النمو الخلوي التي يسيطر عليها هرمون النمو، فقد أصبح الأطباء يصفون هرمون النمو لبعض الأطفال الذين يعانون مشاكل في النمو لكي يزيد طولهم عشرات السنتيمترات، وأكثر من ذلك فكلنا قد سمع بدواء بروزاك Prozac الذي يستخدم كمضاد للاكتئاب النفسي والذي يرفع الثقة بالنفس. وحين يولد بعض الأطفال مع بعض الأغلاط الوراثية في بعض الجينات، فيؤدي ذلك إلى أن يكون جنس المولود بين الذكر والأنثى (المخنث)، يلجأ الأطباء إلى الجراحة والهرمونات التي توجه جنس المولود لأن يكون أنثى أو ذكرا وبحسب رغبة العائلة. ومن الأمور الأخرى التي يطمح العلماء إلى تحسينها لدى الإنسان استخدام التقنيات الحديثة لتحسين القدرات العقلية كالذكاء الخارق والشخصية القوية والذاكرة التي لا تخبو. وأهم ما يبحث فيه العلم هو محاولة فهم البرمجة الجينومية التي تؤدي إلى الشيخوخة، ومحاولة إعادة برمجتها ليعيش الإنسان عمرا أطول قبل أن يقع في ما يسمى مرحلة أرذل العمر.

قد يظن بعضهم أن الشخص الوحيد الذي دعا في العصر الحديث إلى فكرة Human genetic enhancement أو التحسين الوراثي هو «أدولف هتلر»، وحقيقة الأمر أن هناك عددا من الأسماء اللامعة في تاريخ أوروبا قد دعت إلى هذه الفكرة قبل هتلر بزمن طويل، ففي عام ١٨٦٩ ألف «فرانسيس غالتون» الذي كان من أقوى الداعين إلى تحسين النسل البشري، كتابا عنوانه «العبقرية الوراثية» وقد ضمنه نظرياته حول وراثة الصفات البشرية من الآباء إلى الأبناء، وركز فيه على توارث صفة العبقرية. لقد دعا غالتون، الذي انتمى إلى عائلة غنية اشتغلت في تجارة وتصنيع الأسلحة، إلى تحسين النسل البشري باستيلاد الأقوى أو الأصلح وراثيا، كالعباقرة والأدباء والعلماء، وتعقيم الأضعف الذين يخشى أن يورثوا لأولادهم الصفات الوراثية الضعيفة، بل دعا إلى قتل الأطفال الذين ولدوا لأنهم يحملون هذه الصفات غير المرغوبة لأن تشيع في المجتمع الإنكليزي. وقد تمكن غالتون في عام ١٩٠٤ من إنشاء أول معهد أكاديمي لعلم الوراثة في التاريخ، في الكلية الجامعية

بلندن، وقد أسماه المختبر الوطني لعلم تحسين النسل الإنساني وقد غُيِّر اسمه حديثا ليحمل اسم «مختبر غالتون» وذلك لرفع الحرج الذي سببه الاسم القديم. وبالمناسبة فإن هذا المختبر يدرس الآن دور الجينات في الشيخوخة وإطالة الأعمار.

وأول تجربة أُجريت على البشر لتحسين العرق البشري قامت تحت إشراف إليزابيت نيتشه ـ أخت الفيلسوف الشهير نيتشه ـ في ألمانيا في عام ١٨٨٦، حيث اختارت عددا من سكان منطقة سكسونيا وأرسلوا إلى الباراغواي، ومن يذهب الآن إلى قرية نوفا جرمانيا (أو ألمانيا الجديدة) سيلاحظ أن سكان تلك القرية المعزولة يختلفون تماما عن جيرانهم فهم، يتميزون بشعرهم الأشقر وعيونهم الزرقاء ويحملون أسماء من أصل ألماني وليس إسبانيا، وقد أرسلوا إلى هناك ليؤسسوا مجتمعا مختلفا عن سكان الباراغواي الأصليين، حيث إنهم يتمتعون بسلالة وراثية راقية، وكان الهدف من التجربة هو استنسال سلالة بشرية جديدة على أن تكون نقية الدم وتتمتع بقدرات وراثية خارقة.

وفي عام ١٨٩٨ أنشئ في أمريكا مكتب لسجل علم تحسين النسل على يد أرملة أحد الأثرياء تدعى السيدة هاريمان، وكان يجري تدوين الصفات التالية في سجل الأشخاص: الخجل، الكسل، الإملاق والبداوة. وفي مطلع القرن العشرين تأسست النوادي الأهلية التي تهتم بتحسين النسل، وكانت هذه النوادي تقدم الجوائز المالية وغيرها للعائلات الأصلح (وراثيا) وذلك لتحفيزها أو لتقديم الشكر لها لقيامها على الإنجاب، وفي الفترة نفسها تم إخصاء آلاف المواطنين كيلا ترث عنهم الأجيال القادمة الصفات الوراثية غير اللائقة للمجتمع.

وفي عام ١٩١٠ كان ونستون تشرشل، أكثر رؤساء حكومات بريطانيا شهرة، يشغل منصب وزير الداخلية، وقد أزالت الحكومة البريطانية في عام ١٩٩٢ قوله التالي «التكاثر السريع غير الطبيعي لجماعة المعتوهين ومختلي العقول، الذين يتزاوجون، كما هي الحال بين السلالات المزدهرة، والنشطة، والراقية كافة، يشكل خطرا قوميا وعرقيا لا يطاق تفاقمه، وأعتقد أنه يجب تجفيف النبع الذي يغذي تيار الجنون هذا قبل مضي سنة أخرى» (انظر الترجمة الرائعة لكتاب لغة الجينوم للأستاذ أحمد رمو).

وقد تأثر هتلر بأستاذه يوجين فيشر صاحب كتاب «المبادئ الأساسية للوراثة الإنسانية وعلم الصحة العرقي» الذي قال فيه: نوعية موهبتنا الوراثية أهم بمئات المرات من جدلنا حول الرأسمالية والاشتراكية.

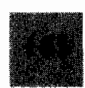
البحث عن العرق النقي... طرق واضحة وأخرى خفية

لأسباب لا تخفى على أحد فقد أسهم الإعلام العالمي - كدأبه حين يرغب - في تقديم السياسة الهتلرية في هذا المجال بشكل قوي ونافذ، ولذلك فبمجرد التكلم عن تحسين النسل نتذكر ما قاله أو فعله هتلر فيما يتعلق بسياسة التحسين الوراثي للنسل البشري. وقد استخدم هتلر وأتباعه الطرق العلنية بتصميم وإصرار، فقد ألف هتلر كتابا أسماه «حياتي» Mein Kemph، وقد ذكر فيه أن كل من ليس سليما وجديرا من الناحيتين الجسدية والنفسية لا يحق له أن يورث ما يعاني منه لأطفاله. وعرف عنه أنه كان يحلم بما يسميه «استيلاد النخبة لتحسين النوعية الوراثية» ويذكر أنه في عهد حكمه أُجريت لأربعمائة ألف شخص عملية تعقيم بواسطة أشعة إكس حتى لا ترث عنهم الأجيال القادمة ما يسمى بالصفات الوراثية الدنيا، وبعد هزيمته في الحرب العالمية الثانية سقطت معه نظريته العرقية التي نادى بها في السر والعلن، إلا أن المتتبع للأحداث سيجد أن دعوة هتلر وغالتون، وإن توقف النداء بها علنا، قد استمرت وبأشكال مختلفة. تشير بعض الإحصاءات إلى أن عدد الذكور بالنسبة إلى عدد الإناث قد ازداد في بعض مناطق الصين نتيجة للقوانين التي وضعها الشيوعيون، كذلك القانون الذي يمنع إنجاب أكثر من طفل واحد في العائلة، وكان نتيجة ذلك أن هناك بعض العائلات التي تفضل أن يكون هذا الطفل ذكرا قد تخفي البنات بعد الولادة مباشرة، وذلك بوأدهم على أمل أن تكون الولادة الثانية ذكرا ليسجل رسميا على اسم العائلة. وفي الهند، ولأسباب اجتماعية واقتصادية، فقد حصل نقص كبير في عدد البنات والنساء الهنديات وقد ساهم في ذلك التطور العلمي في مجالات التشخيص الوراثي لجنس المولود، فقد انتشرت العيادات التي تقدم هذا النوع من خدمات التشخيص في كل مكان من الهند، وكانت النتيجة أنه إذا عرفت المرأة أنها تحمل أنثى فإنها تسعى لإجهاض الجنين وهو في أسابيعه الأولى من العمر، ومرة أخرى يتضافر التقدم العلمي

التقني مع العادات والتقاليد لتنفيذ عملية اصطفاء عرقي وعلى مستوى واسع نتيجتها أن يستبعد الضعيف (وهو في رأيهم المرأة) من المجتمع ليبقى القوي (الرجل) دون النظر إلى النتائج التي ستترتب على هذا النوع من الاصطفاء. ولأسباب، قد تختلف قليلا أو كثيرا عن أسباب الهنود والصينيين فإن العرب في جاهليتهم كانوا يفعلون ما يشبه ذلك فوأدوا الإناث خوفا من العار حتى جاء نور الإسلام فمحا وإلى الأبد هذه العادة السيئة. ومنذ سنوات قليلة، وحين كان النقاش محتدما حول جدوى المصاريف الطائلة التي وضعت لدعم مشروع الجينوم البشري لتحديد الشفرة الوراثية، يردد بعض العلماء الذين عملوا في المشروع القول إن هذه المصاريف سيتم تعويضها نتيجة للتوفير الذي سيأتي عن طريق معالجة مرض انفصام الشخصية أو غيره من الأمراض العقلية، وأنا أعتقد أن معظم هؤلاء العلماء يقصدون طبعا إنهاء حمل التي تحمل مورثة الفصام أو الجنون، وأن التخلص من هذه الأجنة (غير الملائمة للمجتمع) سيوفر على المجتمع كثيرا من الأموال التي تُصرف الآن على هؤلاء المرضى نتيجة لإقامتهم الطويلة في المشافي، وما يترتب على ذلك من نفقات ضخمة، وهكذا فإن هناك من يرى أن المعلومات الواردة سيكون لها أيضا مردود مادي ضخم وتخفيف للنفقات الصحية، وتخفيف لمعاناة العائلة التي تجد نفسها بين ليلة وضحاها مع طفل معاق، فيُستبعد بفضل العلم دون مخاطر، وهذه الممارسات إن جرت بشكل منظم وموافق عليه من قبل الحكومات فقد تؤدي إلى تغير شكل المجتمع الذي نعرفه اليوم.

البحث عن النسب النبيل بين العلم والدين

كما ذكرت في مقدمة الكتاب فإنني لن أتطرق إلى الدخول في أمر ليس من اختصاصي، فأتطرق إلى الجانب الشرعي أو الديني أو الاجتماعي، فأنا لست عالم فقه أو اجتماع، وكل ما حاولت تقديمه هو ما يمكن، وما لا يمكن للعلوم الحديثة أن تقدمه للإنسانية وخاصة بعد اكتشاف أحرف الجينوم وما ستؤدي إليه من تغيير في المستقبل الذي سنعيشه. وكل ما أريد قوله هو أن المجتمعات الإنسانية، ومنها المجتمع العربي والإسلامي، يجب أن تفكر بواقعية وموضوعية، وهنا أخص علماء الفقه الإسلامي وعلماء الاجتماع وأصحاب



القرار السياسي، ليبدأوا النقاش من الآن قبل أن يتأخر الوقت فقد يحقق العلم بتقدمه الهائل، وخاصة في السنوات القليلة القادمة كثيرا من الأمور التي توجه مسارات حياتنا.

في بعض المجتمعات، قد تنصح المرأة الحامل بأن تنظر إلى صور المشاهير على أمل أن تلد شبها لهم، ويطلب منها أن تتحاشى النظر إلى الناس من أصحاب العاهات خوفا من أن تلد من أمثالهم.

لو أراد أحدنا أن يختار شريك حياته، فمن الأمور التي ستؤثر (بل وقد تحكم) في اختياره هي ما يعرفه كل منا: الجمال، النسب، الغنى، الذكاء، الأخلاق بما فيها الدين، وقد تختلف أهمية هذه الصفات من شخص إلى آخر أو من عائلة إلى أخرى، وبالطبع من مجتمع إلى آخر. ولو حللنا هذه الصفات لوجدناها تصب من قريب أو بعيد في تحسين نسله الوراثي، والدليل على ذلك أن أحدنا لن يبحث عن شريك آخر وفيه بعض الصفات المقيتة كقبح المنظر أو الغباء وغيره من الصفات الأخرى. وما أريد توضيحه في المثال السابق هو أن الجميع يلهث وراء تحسين نسله (ولكن بطرائق مشروعة لا يضر فيها أحدا)، وعلى الرغم من أن النتيجة، كما أراها، هي عبارة عن اصطفاء طبيعي للصفات الجيدة التي تحفظ وتستمر بشكل أو بآخر في الانتقال من جيل إلى آخر وبشكل متزايد، وفي الوقت نفسه فهي تحد وتقنن (ولا تمنع بشكل كامل) انتقال الصفات غير المرغوبة عبر الأجيال المتعاقبة. ولكن هذا لا يعني أن تؤدي بالضرورة إلى أن يندثر الأغبياء من الوجود في المجتمع، لكنه يعني أن هناك اتجاها أقوى لتثبيت الصفات التي يمكن أن نعتبرها حميدة. وفي جميع الأحوال فإن تطور المعرفة العلمية بهذا الشكل الذي نعرفه اليوم سيؤدي إلى أن المجتمع الإنساني سيواجه في السنوات القليلة القادمة، سواء أراد أم لم يرد، كثيرا من المشاكل الأخلاقية التي لم تخطر ببال الإنسانية مطلقا. وقد بدأ الجدل من الآن حول ما إذا كنا نستطيع أو يجب علينا أن نتبنى خيارات أخرى غير التي تقوم على أساس علم الجينوم. وبعبارة أخرى فهل نحن أمام تهديد جديد يلوح في الأفق ويمكن أن نسميه القنبلة الجينومية، وذلك على ما جرى طرحه سابقا من أخطار أخرى ومنها خطر القنبلة الذرية التي رأينا آثارها على هيروشيما وناغازاكي، وما يسمى القنبلة السكانية التي نرى بعض آثارها في المجاعات المرعبة التي

نراها في أفريقيا. ولتوضيح بعض التساؤلات الأخلاقية والاجتماعية التي قد تواجه البشرية نتيجة للتقدم العلمي الذي نراه، يكفي أن نتابع بعض الكتابات أو الأفلام التي تصنف على أنها نوع من الخيال، ويجب أن نذكر أن ما يدور في الخيال اليوم قد يصبح حقيقة في الغد. ويرى بعضهم أن أهم ما يهدد البشرية في مستقبلها هو ناتج عن التهديدات التي تواجه التنوع البيولوجي الإنساني، وخاصة إذا استخدمت التقنيات الحديثة (اللعب بالمورثات) بهدف التطوير الموجه، حيث سيؤدي إلى تحديد التنوع البشري إلى درجة تؤدي إلى هلاكه.

في هذه الأيام يشيع حديث في العالم الغربي عن فيلم من أفلام الخيال العلمي اسمه GATTACA وقد هيئت له دعاية واسعة على شبكة الإنترنت، حيث إنه يعالج مسألة التحسين الوراثي، ويبدو من الاسم أنه يتحدث عن الجينوم وحروفها وعن إمكان التغيير فيها. ويصور الفيلم وضع المجتمع وخاصة في ظل قدرة الإنسان على امتلاك قوة هائلة لتغيير البشرية، هذا التغيير الذي يتمثل بمعرفة الإنسان للجينوم وقدرته على التحكم بها بالطريقة التي يراها. فهناك من سيتمكن من أن يطلب من الشركات المختصة (بحسب الفيلم) أن يحمل ابنه صفات يختارها هو بعد أن يطلع على القائمة بهذه الصفات في طلبه. ومن الصفات التي سيجري تحاشيها الخجل، السمنة، الخوف، الضغط النفسي، التردد بالإضافة إلى جميع الأمراض المعروفة، ومن الصفات التي سيجري التركيز عليها الذكاء، العبقرية، الجمال، القوة، المواهب الموسيقية، حب المخاطر والشجاعة... إلخ. وما عليك إلا أن تتصور أنك أمام سوبرمان الذي نراه في الأفلام، وستكون العائلة هي المسؤول الأول عن رسم الخط الذي يفصل بين ما يسمى الصفات الجيدة والسيئة، وهذا يعني أن بعضهم سيعتبر أن حب المخاطر من الصفات الحسنة، أما بعضهم الآخر فسيعتبرها غير محبذة. وتأخذ شخصيات فيلم «غاتاكا» أسماء تعبر عن نظرة أصحاب دعوة التحسين الوراثي وعن رؤيتهم المستقبلية للمجتمع الإنساني في ما بعد عصر الجينوم، ويقسِّم أفراد المجتمع حسب الطريقة التي يولدون بها، فهناك مثلا «المعتوه» وهو الذي ينتمي إلى طبقة وراثية دنيا، وهو أي شخص يولد من زواج عادي، ونتيجة لكون أهله ينتمون إلى مجتمع فقير غير قادر على استخدام الطرق العلمية الحديثة للتوصية على «صنع»

أطفالهم، كما يفعل الأغنياء، وهكذا وحسب تصورهم فإن السكان الحاليين للكرة الأرضية هم جميعا من المعتوهين، أما الذي يسمونه «السوي» وهو الذي ينتمي إلى جماعة «النخبة الجينية» وهو وصف لكل شخص قد ولد نتيجة لاستخدام التقنيات الجينومية الحديثة (الهندسة الوراثية البشرية)، ويعطى عادة لهؤلاء الأشخاص أعلى علامة أو أعلى رمز يستند إلى القدرات الجينومية، وهذه الفئة من المهرة هي التي ستقود المجتمع لما تتمتع به من صفات خارقة. ويقول بعضهم، إنه قد يأتي اليوم الذي يوضع فيه في البطاقة الشخصية (هوية الشخص) العبارة التالية: صنع في أمريكا، ولد في مكان آخر (أفغانستان مثلا). ويزيد الأمر خطورة حين نسمع ما يقوله مؤسس الطائفة الرائيلية الصحافي الفرنسي كلود فوريلون الذي يلقب نفسه باسم رائل: «إن الاستنساخ سيسمح للبشرية بالوصول يوما ما إلى الخلود»، يشار إلى أن الطائفة الرائيلية قد تأسست عام ١٩٧٣ بواسطة رائل وهو يقيم حاليا في مدينة كيبيك الكندية، ويعتقد أن عدد أتباع الطائفة في العالم يصل إلى ٥٥ ألف شخص. ولو ربطنا بين الدعوات القديمة لتحسين النسل (غالتون ومن بعده هتلر) وفيلم الخيال العلمي «غاتاكا» مع الإعلان الأخير في السابع عشر من ديسمبر ٢٠٠٢ عن إعلان الرائيليين عن استنساخ أول إنسان في العالم لأدركنا الخطورة التي سيمر بها المجتمع البشري في المستقبل القريب لو تخيلنا أن هؤلاء المجانين استطاعوا السيطرة على الأمور في إدارة العالم وعن النتائج التي يمكن توقعها من تضافر الأفكار الهدامة مع العلم الحديث، وعندها يحق لنا أن نتساءل عن الشكل الذي سيأخذه العالم؟!.

وعلى الرغم من كثرة ما يقال في هذا الجانب فلا بد من القول إن التجارب الحقيقية في مجال التحسين الوراثي للإنسان لما تبدأ بعد، لأن ذلك غير ممكن حاليا، وذلك لعدم توافر التقنيات الملائمة للتجريب على الإنسان. ولا تزال التكهنات التي تتحدث عن التحسين الوراثي للإنسان تراوح مكانها ولا تخرج عن نطاق الآمال، إن لم نقل، إنها لا تزال مجرد أفكار خيالية، حيث إن التقنيات العلمية المتوافرة حاليا لتجارب التحسين الوراثي على الحيوان والنبات لا تفي بالشروط المطلوبة، ومن أهمها احترام إنسانية الإنسان بالإضافة إلى عدم وضوح النتائج التي ستترتب على مستقبل المجتمع الإنساني في حال نجاحها. والتجارب التي أجريت في هذا المجال على معظم

الحيوانات تدل على أن الثمن سيكون باهظا في حال تفكيرنا بالتجريب على الإنسان مع الإمكانات التقنية المتاحة حاليا، ولا أعتقد أن أي مجتمع، مهما كانت وحشيته، يقبل بتحول الإنسان إلى أدوات تجربة كتلك التي تطبق على حيوانات التجربة.

ومن التاريخ الإسلامي فإنني أورد بعض الأثر الذي روي عن رسولنا محمد (صلى الله عليه وسلم) ما قاله في هذا المجال منذ أربعة عشر قرنا، ومرة أخرى، فإنني آمل أن يفتح باب النقاش البناء في هذا المجال ومن أصحاب الاختصاص كما ذكرت سابقا.

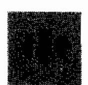
قال رسول الله (صلى الله عليه وسلم): «تنكح المرأة لأربع لمالها، ولحسبها، ولجمالها، ولدينها فاظفر بذات الدين تربت يداك» (أخرجه البخاري في كتاب النكاح ومسلم في الرضاع). وأفهم من هذا الحديث، أن الرسول يبين بعض الصفات المهمة التي تكون وراء اختيار الرجل للمرأة، وكما هو وارد فإن صفة الجمال والحسب والغنى هي من الصفات المحمودة على الرغم من أن الرسول قد ركز على ذات الدين. ومن هنا نجد أن الدين ينصح باختيار شريك الحياة الذي فيه من الصفات المحمودة لكي تظهر على الأطفال، حيث يقول الرسول (صلى الله عليه وسلم) في حديث ورد في كتاب الكامل في الضعفاء للجرجاني (جزء ٥ صفحة ٢٤١): «تخيروا لنطفكم فإن النساء يلدن أشباه إخوانهن وأشباه أخواتهن». ويفهم من هذا الحديث أن الرسول يطلب من الرجل أن يختار المرأة بدقة لأنها ستلد له أطفالا يشبهون أخوالهم وخالاتهم. ويبدو من سياق هذا النوع من الأحاديث النبوية أنها موجهة للرجال والنساء على حد سواء. وفي حديث آخر رواه أبو داود والنسائي، يقول الرسول (صلى الله عليه وسلم): «تزوجوا الودود الولود فإنني مكاثر بكم الأمم»، وفي هذا يوصي الرسول بصفة وراثية وجسمانية أخرى وهي «الولود». وعن صفة القوة (التي قد تتضمن القوة الجسمانية)، يقول عليه الصلاة والسلام في حديث أخرجه مسلم: «المؤمن القوي خير وأحب إلى الله من المؤمن الضعيف»، وهذا يعني أن الرسول يؤكد مرة أخرى على الصفات المحمودة. وفي حديث يبين عظمة الطب النبوي وصدقه، يقول الرسول عليه الصلاة والسلام في حديث ورد في تلخيص الحبير لابن حجر (الجزء الثالث صفحة ١٤٦): «لا تنكحوا القرابة القريبة فإن الولد يخلق ضاويا»، وهذا الحديث يتحدث بشكل واضح

عن علم الوراثة الحديث فقد تبين منذ سنوات قليلة أن عددا كبيرا من الأمراض تظهر على الأطفال نتيجة لزواج الأقارب، وهذا ما ندعوه بالأمراض المتنحية (المغلوبة). وفي حديث رواه ابن عدي في الكامل ورد عن رسول الله أنه قال: «تزوجوا في الحجز الصالح فإن العرق دساس» (الحجز: الأصل والمنبت). ويبدو من جميع هذه الأحاديث الشريفة أن الرسول عليه الصلاة والسلام يطلب من الزوجين أن يمعنا النظر في بعضهما ليتأكدا من صفات بعضهما، لأنها ستنتقل إلى أولادهما. وهنا نشعر أن الرسول يركز على مستقبل الأطفال الصحي والجسماني، ويذكر بعض الصفات المهمة كالجمال والقوة والعرق والأصل والمنبت. ومن سياق حديث الرسول السابق عن أن العرق دساس (دساس: الذي يندس في الثنايا ويدخل في التركيبة الأساسية)، فإنني أرى - والله أعلم - أن الرسول هنا يتحدث عن الصفات الوراثية بشكل علمي، ولنعلم أن بعض الأمراض (التي توجد بين كل عرق من الناس) قد تبقى في العرق نفسه لزمن طويل مختفية (مندسة في الثنايا) إلى أن يأتي اليوم الذي نراها فيه تظهر في أجيال أخرى، على الرغم من اختفائها الطويل لأنها داخلة في التركيبة الأساسية للمورثات ولا يمكن أن تختفي ولذلك فإن الرسول يقول إن العرق دساس.

النباتات والحيوانات المحسنة وراثيا

إن ما قدمته الهندسة الوراثية في مجال التحسين الوراثي لدى النباتات والحيوانات هو أكثر بكثير من التطبيقات التي أجريت على الإنسان، فمنذ سنوات والمهندسون الوراثيون يقومون بإنتاج النباتات المحورة وراثيا، فقد تمكنوا من إنتاج الذرة القادرة على مقاومة الحشرات وإنتاج القطن وفول الصويا والكانولا القادرة على مقاومة المبيدات العشبية لأنها تحمل جينات دخيلة تمكنها إما من مقاومة مبيدات الأعشاب أو أن تكون خلاياها قادرة على إنتاج سم خاص للحشرات المهاجمة، واستطاعوا أيضا إنتاج أصناف خاصة من النباتات التي تنمو في التربة الفقيرة أو التي تحتوي على فوائد أكثر كأن تحتوي على الفيتامينات بتركيزات عالية للمساعدة في إطعام الأعداد المتزايدة من سكان العالم. وتشير التقديرات إلى أن أكثر من نصف عدد الأغذية المتوافرة في الأسواق المركزية الأمريكية يحوي مكونات محورة

جينيا. أما عن الحيوانات المعدلة وراثيا فقد ولد أول قرد معدل وراثيا في مركز «أوريجون» الإقليمي لأبحاث المخلوقات الرئيسية، وقد سمعنا أيضا عن الخروف «بولي» الذي تم توليده عن طريق الاستنساخ بعد أن عدل وراثيا ليحتوي على مورثات تنتج المادة المسؤولة عن التخثر التي يصنعها الخروف لتنقى وتستخدم من قبل مرضى الناعور. وقد استطاع العلماء إنتاج سلالات جديدة من الأبقار التي تختص بقدرتها على إنتاج كميات كبيرة من الحليب أو اللحم، وباستخدام الطرق الجينية الحديثة تم تحويل ضروع البقرة إلى ما يشبه المصنع الكيميائي لإنتاج المواد المفيدة التي يمكن استخدامها كأدوية، ومنها هرمون الأنسولين الذي يستخدمه مرضى السكري وهرمون النمو الذي يستخدمه المصابون بداء القزم، ويتم ذلك بأن يدخل العلماء جينة الأنسولين الإنسانية إلى البويضة الملقحة للبقرة، فتندس الجينة الدخيلة بين جينات البويضة، وعندما تتحول البويضة الملقحة إلى كائن كامل فإن جميع خلاياها ستحتوي على مورثة الأنسولين الإنسانية، ولأن العلماء هندسوا المورثة الدخيلة بطريقة تسمح لها بالتعبير عن نفسها فقط في ضرع البقرة المرضعة، ويجري ذلك بإدخال شدفة من «د. ن. أ» فيروسي ينشط عادة في أثداء الفئران، وهكذا فإن البقرة المطورة بهذه الطريقة ستحتوي بالإضافة إلى الجينوم الخاص بها على جينات من أصل إنساني وقطعة الـ «د. ن. أ» التي تنتمي إلى الفيروس المسمى «م. م. ت. ف»، وهذه البقرة تسمى بـ «العبر جينية»، لاحتوائها على «د. ن. أ» من أنواع مختلفة. وينقى الحليب لفصل هرمون الأنسولين بطرق كيميائية سهلة. وللعلم فإن هذه الطريقة في تصنيع الأنسولين تكون أكثر أمنا على صحة المريض مقارنة بالطرق القديمة التي كانت تعتمد على استخلاص الأنسولين من الحيوانات الأخرى، والتي لا تشبه الأنسولين الإنساني بالتركيب والوظيفة. ويبدو أن عدد الحيوانات التي تحتوي في مادتها الوراثية على مورثات من أصل إنساني يتزايد يوما بعد يوم، وهنا يبرز السؤال حول جدوى تحويل المورثات بين أنواع الكائنات الحية، فجينومات الجراثيم قد اختلط بعضها ببعض، ويوجد لدينا الآن ملايين الفئران والجرذان التي تحتوي في مورثاتها على مواد وراثية من أنواع أخرى كالجراثيم والفيروسات والحيوانات الأخرى، كما أنها (الجرذان والفئران) تحتوي على المورثات الإنسانية.



هذا التطوير الموجه للحيوان والنبات، وربما في المستقبل القريب للإنسان يضع المجتمع الإنساني أمام أسئلة مهمة، وقد لا يكون لها من أجوبة على المدى القريب. فتصور مثلا أن تنفلت مخلوقات كانت قد عولجت بالطرق الجينومية لتطلق إلى العالم وباء جديدا حيث إن المخلوقات التي تجري هندستها وراثيا تميل إلى أن تكون صالحة بدرجة أدنى من المخلوقات التي لم تخضع للتدخل.

فالمؤيدون للنباتات المحورة وراثيا يقدمون البراهين على أنها ستكون أرحم للبيئة من النباتات التي تنمو بشكل تقليدي، لأنها (أي المعدلة وراثيا) ستؤدي إلى التقليل في استخدام المبيدات الحشرية من قبل المزارعين، حيث يغدق المزارعون الأمريكيون على المحاصيل ما يقرب من ٩٧١ مليون رطل من المبيدات لقتل الأعشاب والحشرات الضارة والفطور. وبقايا هذه المواد الكيميائية الصعبة التحلل تظل في المحاصيل وفي التربة وقد تتسرب إلى المياه الجوفية، ليشرب منها بعد ذلك الإنسان والحيوان. وهناك فريق آخر يدعي أن النباتات المعدلة وراثيا سوف تعرض البيئة والصحة لأخطار فريدة ومقلقة، وتلقى وجهة النظر هذه دعما واضحا في أوروبا التي أصدرت قوانين صارمة لتقييد زرع واستيراد المنتجات الزراعية المحورة وراثيا. وفي فرنسا، عندما تذهب إلى السوق ستجد ثلاثة أنواع من المنتجات الغذائية كالخبز والطماطم والخيار، والتي قد كتب على صناديقها العبارات التالية: معدل وراثيا، أي الذي قد جرى تغيير في جيناته (وهو الأرخص ثمنا)، أو أنتج بيولوجيا (وهو الأغلى ثمنا) لأنه قد جرى إنتاجه من دون أي معالجة كيميائية، وقد استخدمت فيها الطرق الزراعية التقليدية، ومنها استخدام الأسمدة العضوية الطبيعية، والنوع الثالث وهو المواد الغذائية غير المعدلة وراثيا، ولكنها أنتجت بطرق اصطناعية كاستخدام الغرف البلاستيكية والأسمدة الكيميائية. وعلى الرغم من أن بعض العلماء يعتقد أن تناول الأغذية المعدلة وراثيا لا يخلف أي ضرر للإنسان، لأن أنزيمات المعدة سوف تهضم الجينات الدخيلة وتعيدها إلى حروف منفصلة لا تختلف عن حروف المورثات الطبيعية، هناك علماء آخرون يعتقدون أن المعدة لا تستطيع هضم الأغذية المعدلة وراثيا كما تهضم الأغذية الطبيعية، وقد ينتقل قسم منها إلى خلايا الدماغ عبر الدورة الدموية، ويبدو أن آلية الدفاع الطبيعية التي توجد

في خلايا الجسم ليس لها القدرة على منع دخول المواد المعدلة وراثيا إلى داخل الخلية. ومن الأخطار التي يمكن أن تسببها الأغذية المعدلة وراثيا: أنها يمكن أن تؤدي إلى زيادة نسبة السموم في الأغذية، حيث إنها تركب لأن تكون مقاومة للحشرات الضارة، وهذا يزيد التعقيد في النظام البيئي، فالنبات الذي يصمم لمقاومة الجراد يقوم بإنتاج المواد المسرطنة، وبالتالي فإن تناولها قد يزيد من نسب السرطان في البشر، ولذلك اعترض عدد كبير من المؤسسات المدنية الأمريكية على الحكومة الأمريكية لتزويدها العراق بكميات كبيرة من الأغذية المعدلة وراثيا على شكل مساعدات إنسانية بعد انتهاء الحرب في أبريل ٢٠٠٣، وهناك نوع من الأغذية المعدلة وراثيا، حيث يضاف إليه الحمض الأميني (تريبتوفان) فهو يباع لتأثيره المهدئ والمنوم. وقد تبين أخيرا أن ٣٧ شخصا من الذين يستخدمونها قد ماتوا، وأن ١٥٠٠ آخرين قد أصيبوا بعاهات بدنية، وظهرت عليهم بعض الأعراض في الجهاز العصبي، وهي غير قابلة للشفاء أو المعالجة. ونتائج الأبحاث تبين أن البروتينات التي تنتج بعد أن تعدل وراثيا يمكن أن تقوم بدور مقو للحساسية، وتؤخر عمليات الاستقلاب الغذائي وإحداث الطفرات في المادة الوراثية. وهكذا فإن الأغذية المعدلة وراثيا تجتاح الأسواق بشكل واسع، قبل أن نعرف حقيقة تأثيرها الصحي والبيئي. ويبدو لي أن الشركات المنتجة لهذا النوع من الأغذية تستخدم البشر كحيوانات تجربة في مناطق متعددة في العالم، مستغلة ظروف الحروب والفقر لكشف آثارها الحقيقية، ولذلك يجب على الحكومات أن تفرض على شركات الأغذية أن توضح للمستهلكين طبيعة الغذاء، كما يجري حاليا في أوروبا واليابان، فقد صوت البرلمان الأوروبي في شهر فبراير ٢٠٠١ على قرار يقضي بوضع نظام دقيق وصارم على إنتاج وتوزيع هذا النوع من الأغذية، ولكنه أقر السماح باستخدام ١٨ مادة غذائية معدلة وراثيا، وفرض على الشركات المنتجة أن يكتب بشكل واضح على علب الغذاء، أنها قد عدلت وراثيا حتى يتسنى للمستهلك أن يختار، بكل حرية، الغذاء الذي سيقدمه لأطفاله. وفي ختام هذا الموضوع عن التعديل الوراثي أتساءل عن جدوى استخدام الأغذية المعدلة وراثيا، ولماذا سنجعل العالم يعتمد عليها؟ وماذا لو اعتمدنا عليها بشكل كلي في غذائنا؟ وماذا لو أنها تعرضت حينها لخطر أدى إلى زوالها نتيجة لغلط وراثي لم يكن بالحسبان (ومن الناحية

العلمية فإن هذه الإمكانية قائمة)، هل هذا هو الحل الأمثل للبشرية؟ أم أن هناك حلولا أخرى لمشاكلنا الغذائية ولا يوجد من يتكلم عنها؟ ومن الذي يقود هذه الحملة القوية لتشجيع استخدام الأغذية المعدلة وراثيا؟ ومن هو الرابح من وراء هذه الحملات، وماذا لو نفدت من منطقتنا العربية - التي تعتبر من أغنى مناطق العالم تنوعا في بذور نباتاتها - كل بذورها، لتحل محلها البذور المعدلة وراثيا؟ وماذا سنفعل بعد فوات الأوان؟

ويبدو أن الشركات الدولية التي تهتم بتقنيات تحسين البذور تكثف جهودها للسيطرة على سوق بذور المحاصيل الغذائية، وهناك مراكز كبيرة للأبحاث على البذور تنتشر في معظم بلدان الشرق الأوسط، لما تتميز به هذه المنطقة من العالم من غنى في أنواع البذور الطبيعية لما تتميز به من صفات. وتدفع هذه الشركات الأموال الطائلة للحصول على سلالات نباتية تتميز بقدرات تكاثرية وغذائية عالية، لتعود وتبيعها إلى البلدان نفسها وبأسعار باهظة، وحقيقة الأمر أن السيطرة على البذور بعد تحسينها بالطرق التقليدية، أو كما يحدث الآن بواسطة التلاعب في الجينومات من قبل هذه الشركات، سيوفر لها القدرة على التحكم، استراتيجيا، في المستقبل الغذائي لهذه المجتمعات، ويجب الانتباه إلى أن إدخال البذور المعدلة وراثيا إلى أراضينا بطرق اعتباطية - خاصة أننا لم نتأكد بعد من مدى تأثيرها في الصحة والبيئة - يعتبر مجازفة كبيرة بمستقبل أجيالنا، و قد تؤدي في يوم ما إلى أن نفقد من دون أن نشعر، أغلى ما كنا نملك، خاصة إذا تبين في آخر المطاف أن النباتات المعدلة وراثيا لها تأثير ضار في الصحة والبيئة، أو إذا جاء اليوم الذي تفقد فيه هذه النباتات قدرتها على الاستمرار في الحياة.

أما السؤال عن جدوى عمليات التحسين الوراثي لدى الإنسان والآثار المرتقبة على المستقبل البشري فسيبقى من دون جواب لوقت طويل، وذلك لأن عملية التحسين الوراثي للناس تحتاج إلى تحويلهم إلى حيوانات تجربة ولفترة طويلة، أي يجب أن نحول البشر إلى أدوات تجربة، فالذين يقومون بالتجارب على الحيوانات يعون تماما ماذا يعني أن يتحول البشر إلى أدوات تجربة. فالتجارب منها ما ينجح ومنها ما يفشل، وعندما تفشل التجربة على الحيوانات فهذا يعني أننا سنضحي بهم، فهناك ملايين

الحيوانات التي يتم قتلها كل عام من قبل الباحثين، فمن التجارب ما ينجح على الأرانب، ولكنها تعطي نتيجة مغايرة لدى الفئران، وحتى تتحول الفرضية إلى حقيقة يجب أن تعطي التجارب بمفاهيم الإحصاء الرياضي إثباتا عن جدوى نتائج التجربة، وهذا يعني أن التجربة يجب أن تكرر مرات كثيرة، وكل مرة يجب أن يكون عدد الحيوانات الداخلة في التجربة مهما، وإني أذكر أن باحثا قد أنهى دراسة الدكتوراه في جامعة لويس باستور الفرنسية قد وضع عدد الحيوانات التي ضحى بها ليحصل على شهادة الدكتوراه وقد وضع الجملة التالية على بطاقة الدعوة العامة لحضور جلسة المناقشة: «٣٨٩٥ فأرة لكي أحصل على الدكتوراه». وهذا الباحث كان يبحث عن دور بعض المورثات في تطور الفأر باستخدام الطرق التي تعتمد على التحوير الوراثي عن طريق خلايا المنشأ الجنينية. فلو حسبنا عدد الذين يعملون في مجالات البحوث الصحية و يتخرجون في فرنسا وحدها كل عام، لعرفنا مدى ما يعنيه أن يتحول الإنسان إلى أدوات تجربة، ويجب أن ندرك أن إضافة جينة معينة أو عزل أخرى من الجنين البشري لن يكون سهلا، ولن يعطي صورة واضحة عن الدور الكامل لتلك الجينات في الجنين، لأن الجينات تعمل بتناسق كبير، بعضها مع بعض، وهي تعتمد على بعضها في أداء وظائفها المختلفة، أي أن الجينة الواحدة قد يكون لها أكثر من وظيفة واحدة، وهذا يعني أن استخدام الإنسان كأدوات تجربة لعمليات التحسين الوراثي هو أمر في غاية الصعوبة، إذا أردنا تنفيذه على المستوى التقني. واستخدام الحيوانات، كأدوات تجربة في عمليات الاستنساخ المختلفة التي جرت وتجرى حاليا على الحيوانات، يوضح مدى ما تعنيه كلمة «أدوات تجربة» من خطورة، وخاصة إذا كانت تعني الإنسان. وهكذا فإن عمليات التحسين الوراثي للإنسان ستأخذ وقتا طويلا قبل أن تطبق، وهي تصطدم اليوم بمشاكل تقنية لا تجد لها حلولا في الوقت الراهن، بالإضافة إلى المشاكل الاجتماعية والأخلاقية التي تواجه المجتمع في حال نجاحنا في تجاوز المشاكل التقنية. وفي المقابل يعتقد بعضهم أن الصعوبات التقنية التي تجعل من الصعب القيام بتجارب التحسين الوراثي في وقتنا الحاضر لن تدوم طويلا، حيث يعتقدون أن المسافة الزمنية التي تفصل بيننا وبين إمكان تحقيق التحسين الوراثي

للإنسان قد لا تتجاوز مائتي عام من الآن، وما أعنيه هنا أن قدرة الإنسان على ابتكار التقنيات الجديدة التي تستخدم في إجراء التجارب الوراثية على الإنسان ستكون ممكنة التطبيق دون أن يتحول الإنسان إلى أدوات تجربة، وعلى المستويين الاجتماعي والأخلاقي فإن الأسئلة عن جدوى التحسين الوراثي ستبقى قائمة، حتى ولو كان ذلك ممكنا على المستوى التقني. ويظهر لي أن الذي سيمتلك القدرة على السيطرة على المورثات سيكون مثل ذلك الذي يمتلك نوعا خاصا من أنواع الحكمة التي تستطيع أن تعيد صورة الإنسان بالهيئة التي ترغبها.



12 التطور التقني وآثاره المتوقعة على المستقبل البشري

يمكن تصنيف التطورات التقنية التي حدثت في السنوات الخمس الأخيرة في مجالات علم الحياة الجزيئي إلى محاور ثلاثة:

المحور الأول: التمكن من حل الشفرة الوراثية للجينوم البشري، ولبعض الحيوانات الأخرى بما فيها الفيروسات والجراثيم التي تسبب أمراضا خطيرة للإنسان والحيوان وكذلك النبات. وتجدر الإشارة إلى أن هذا الاكتشاف هو من أخطر الاكتشافات في تاريخ البشرية الطويل، فهو بعد جديد للتعرف على الإنسان من الداخل، لم يكن متوافرا للعلماء فيما مضى.

المحور الثاني: يتعلق بالتطور الهائل في قدرة العلماء، وفي أكثر من مكان في العالم، على استنساخ عدد كبير من الحيوانات، ولعل من أهم أمثلة ذلك استنساخ النعجة دوللي. يضاف إلى ذلك، الكثير من التجارب، التي تتم في السر أو العلن، لاستنساخ الجنس البشري وقد أعلن في نهاية عام ٢٠٠٢ عن استنساخ الطفلة حواء بوساطة علماء ينتمون إلى ما يسمى «الطائفة

«لا أرى فارقا بين امتلاك الإنسان أو امتلاك جينومه»

المؤلف



الرائيلية»، وبعد ذلك بأيام أعلن عن استنساخ أطفال آخرين من قبل الطائفة نفسها، ولكن لم يكن ثمة تأييد لصحة ادعائهم من قبل أي مختبر عالمي مستقل، بل إن معظم المختبرات العالمية المعروفة بخبراتها العريقة في مجال الاستنساخ شككت بصحة الادعاءات الرائيلية. ويقدم رائل (مؤسس الطائفة) نفسه على أنه نبي ويدعو إلى تفسير علمي جديد للإنجيل، ويزعم أن الحياة البشرية على الأرض أقامها أشخاص من كوكب آخر وصلوا في صحون طائرة إلى الأرض قبل ٢٥ ألف سنة، وأن البشر ولدوا عبر الاستنساخ، وهو يقول: إن الاستنساخ سيسمح للبشرية بالوصول يوما ما إلى الخلود. وعلى الرغم من الصيحات التي أطلقتها دول عديدة لمنع تجارب الاستنساخ البشري، فإنني أعتقد أن هذه المحاولات لنسخ الإنسان لن تتوقف، ولا سيما بعد تسرب بعض الأخبار عن دفع بعض العائلات مبالغ ضخمة تصل إلى مئات آلاف الدولارات إلى الشركات المختصة لاستنساخ أنفسهم أو أطفالهم بشكل سري، وضمن ما يسمى السوق السوداء.

المحور الثالث: يتمثل في تمكن العلماء من الحصول على ما يسمى خلايا المنشأ (وهي الخلايا التي لها القدرة على إعطاء إنسان كامل) وتمتاز هذه الخلايا بالقدرة على إعطاء أعضاء الإنسان كافة، كل على حدة، ويكون ذلك من خلال التحكم في برنامج عمل الجينات أثناء زرعها في أنبوب الاختبار، ويضاف إلى ذلك إمكان استخدام هذه الخلايا بشكل سهل واسع في عمليات الاستنساخ للإنسان، ولربما يتمكن العلماء من إصلاح بعض العيوب الوراثية في هذه الخلايا لتعاد إلى الرحم مرة ثانية لتعطي جنينا سليما بعد إصلاح عيوبه الوراثية.

ومن نافلة القول إن معظم الاكتشافات العلمية تنطوي على جوانب سلبية (ضارة) بالإضافة إلى الجوانب الإيجابية (نافعة) وإن أهمية الاكتشاف تنبع من قدرة الإنسان على استثمار الجوانب الإيجابية، وعلى تلافي الجوانب السلبية، ولعل ذلك يكون بفرض القوانين الصارمة التي تعاقب من يسيء استخدام الاكتشاف العلمي على نحو يضر بالفرد أو بالمجتمع. ولكن تبقى مساحة كبيرة لضبابية بعض القوانين. أضف إلى ذلك ما يسمى الحرية الشخصية التي لا نجد لها حدود، خاصة في عصرنا الراهن هذا، ونحن هنا - والأمر كذلك - سينحصر دورنا في شرح بعض الجوانب التي نراها إيجابية لكل سبق تقني جديد، وأن نذكر أيضا ببعض الجوانب السلبية - مما قد يخفى خطرها - التي قد يسببها تطبيق مثل هذه التقنيات في حال شيوعها بين الناس.

حل الشفرة الوراثية: النتائج السلبية والإيجابية

إن الإعلان عن الانتهاء وبشكل كامل (١٠٠٪) من قراءة حروف الجينوم البشري سيكون له، ومن دون أدنى شك، أثر كبير على النحو الذي يمارس فيه الطب في عصرنا الراهن. وقد شبه بعضهم قوة هذا التأثير على الطب، بقوة زلزال عنيف ينبعث مدمرا في مكان ما، ولعلهم رموا بهذا التشبيه إلى أن اكتشاف اللغة الجينومية سيحدث هزة عنيفة في تطور علوم ومفاهيم الطب المعاصر، ولذا فإنه من المتعذر تصور الانقلابات التي ستحدث على نحو دقيق أكيد. ويحسن التذكير هنا بأن مجرد معرفة اللغة الجينومية والمتمثلة بمعرفة تسلسل أحرف الجينات وحسب، لا يكون لها النتائج المتوخاة دون الخوض فيما تعنيه هذه الأحرف من معنى، ولكن يصح القول إن العلماء يمتلكون اليوم لغة مكتوبة بشكل دقيق، ولا أظن أن اثنين يختلفان في أن فهم هذه اللغة الذي سيتوصل إليه العلماء في السنوات العشر القادمة، سيسفر عن تطبيقات كثيرة تتعلق بمستقبل البشرية، ولذلك فإن فك رموز هذه الأبجدية الجينومية - إن جاز التعبير - التي تكاملت، في منتصف شهر أبريل ٢٠٠٣، سيكون بمثابة البوابة الرئيسية، التي لا بد أن يلج منها العلماء ليتمكنوا من فهم آلية عمل مكونات الجينوم جميعا، فهذا المصنع المعقد الهائل الذي يقف وراء مفهوم الحياة في كل خلية من خلايا الجسم، سيوضح للعلماء - عاجلا أو آجلا - كيفية عمل الجينات بطريقة عملها المنفردة أو المجتمعة، وستوضح، كذلك، كيفية السماح للخلية بالحياة أو كيفية دفعها إلى الموت، وبشكل أعم، فسيتم فهم البرنامج الإلكتروني الذي يتحكم في الخلية الحية. وما أشبه ذلك بقراءة أحدنا قصة مكتوبة في كتاب بلغة معينة، فلكي نفهم القصة وندرك فحواها، يتحتم علينا الإلمام بشكل الأحرف مسبقا، وبعد ذلك يأتي الجزء المهم، وهو فهم اللغة الذي يتمثل في معرفة كيفية ترتيب هذه الحروف، من حيث أن اجتماعها، وفق منظومات محددة، يشكل كلمات محددة، ذات معنى محدد، وبعد ذلك تأتي مرحلة ضم الكلمات إلى بعضها بحيث تشكل جملا ذات معنى، وتجب معرفة كيف تتوالى الجمل لتكون معنى خاصا، بل دقيقا بذاته لا يؤديه توال آخر بترتيب آخر للكلمات نفسها، وفي مرحلة تالية - وهي بطبيعة الحال أكثر تعقيدا - تأتي مرحلة ربط أجزاء القصة لتتآلف وتشكل وحدة متناغمة، وكل ذلك، في سبيل فهم هذه القصة بشكل واضح، وبالتالي تأثيرها في

المحيط على نحو ما. ومما تقدم، يبدو جليا أننا ما زلنا في طور بدائي من أطوار فهم قصة سر الحياة، ذلك أننا عرفنا الأبجدية اللغوية التي كتب بها الجينوم وحسب. وعن ذلك، شرع أحد كبار العاملين في مشروع الجينوم البشري يقول واصفا اكتشاف الشفرة الوراثية: لقد رقمنا الصفحات التي تتألف منها القصة، ولا ندري حقيقة المكتوب فيها..! إنها ليست إلا ترقيما لصفحات أطلس الحياة البشرية. ويصف عالم آخر خريطة الجينوم المتوفرة بين أيدينا - حاليا - بأنها تشبه صورة بالأقمار الصناعية للكرة الأرضية، تظهر فيها المحيطات والبحار، وبعض الأنهار الكبيرة، وربما توضح بعض الطرق والشوارع، بيد أنها لا تشمل معلومات محددة عن أسماء هذه المعالم.

وبمقتضى معرفتنا بخطوات هذا التطور في هذا الجانب العلمي فإنني - أعتقد جازما - أقول: إن العلماء والبحاثة في هذا المضمار، سيتوصلون، إن عاجلا وإن آجلا، إلى فهم هذه القصة المثيرة، عندئذ سيتعرف العلماء على الآلية التي تعمل بها مورثاتنا، والتي ستترتب عليها التطبيقات التالية:

أ - سنفهم آلية تأثير الأدوية في البرنامج الوراثي، وعند ذاك سنتمكن من إيجاد أدوية فعالة بحسب الغاية المرجوة لنتحاشى الآثار الجانبية التي ترافق استخدام بعض الأدوية، أي أن المستقبل يبشر باستخدام أدوية ذات انتقائية عالية لمعالجة مرض معين من دون أي ضرر جانبي يذكر، وسنتمكن من التحديد الدقيق لكمية الدواء الواجب استعمالها للتأثير الفعال بهدف تصحيح عمل مورثة مرضية معينة.

ب - بما أن تركيب أحرف الجينوم يختلف من شخص إلى آخر - ماعدا التوائم المتطابقة فهي تتمتع بجينومات متطابقة - فإن الدواء الذي قد يؤثر تأثيرا فاعلا في شخص ما قد لا يؤثر بالفاعلية ذاتها في آخر، ومن هنا فإن الحلم الذي يراود العلماء هو أن نتمكن في يوم ما من تزويد كل شخص يعيش على وجه كوكبنا الجميل بما يسمى «البطاقة الذكية» التي تحمل النسخة الكاملة للأحرف التي تشكل مورثاته ليطلع عليها الطبيب قبل أن يقوم بوصف الدواء لكي يعطيه الدواء الذي يتلاءم وبنية مورثاته. فإذا كان في مقدور الإنسان إنتاج ما يسمى بالقنابل الذكية Smart Bomb ليصيب بها أهدافا محددة بدقة متناهية، فإن العلماء في مجال الجينوم سيبحثون عما يسمى «الأدوية الذكية» التي تُوجَّه وبدقة متناهية إلى أهدافها من دون وقوع أي ضرر جانبي، وهذا يعني أن اكتشاف الخارطة الجينية للإنسان سيحدث انقلابا هائلا في التقنيات المتعلقة

بصناعة الأدوية. والسؤال المطروح الآن: متى سيتحقق هذا الأمل؟ والحقيقة ليس هناك من جواب واضح ومحدد لهذا التساؤل، ولكن من المؤكد أن هذا الحلم سيحتاج إلى عشرات السنين ليتحول إلى حقيقة وواقع ملموس.

جـ ـ يظن العلماء أنه قد يوجد نوع من الجينات التي يمكن أن نسميها الجينات المميتة أو الجينات القاتلة، وهي جينات تعمل بشكل مبكر خلال عملية التطور الجنيني، ومن المتوقع أن يتعذر على العلماء القيام بدراستها وتسميتها في المستقبل المنظور، حيث إننا حاليا لا نعرف عنها أشياء كثيرة، لأنها تعمل في مرحلة مبكرة من مراحل التطور الجنيني، وبالتالي فإن فهم آلية عمل هذا النوع من المورثات سيكون عسيرا في المستقبل القريب، ولكن إذا تمكن العلماء، وهذا ما نأمله، من فهم عملها، فسيتيح ذلك إمكان الحد من موت عدد كبير من الأجنة، وبالتالي سيتعاظم احتمال حياتها بعد إصلاح الغلط الجيني في الوقت المناسب؛ أي سيتمكن العلماء من تقسيم الجينات الممرضة، إلى نوعين: الجينات الممرضة التي يظهر تأثيرها ـ تسبب المرض ـ بعد ولادة الإنسان، وسيسهل تحديد ودراسة معظم هذه الجينات في المستقبل القريب، وبالتالي ستتعاظم فرص خلاصها من المرض وذلك بإصلاحها، وقد بدأ منذ عشرات السنين اكتشاف ودراسة عدد كبير من هذه الجينات، والنوع الثاني: هو ما يعرف بالجينات القاتلة أو المميتة، وهو نوع يتعذر دراسته وفهم آلية عمله في المستقبل المنظور، في أغلب الظن، وفق ما يتوافر من معطيات.

وفي الأحوال كافة، هذه الاكتشافات ستؤثر تأثيرا مباشرا في الجانب الاقتصادي، وستستفيد شركات الأدوية الدولية في المقام الأول من تطبيق هذه الاكتشافات الجديدة، علما بأنه قد أنشئ عدد كبير منها خلال السنوات الخمس الأخيرة، ويستطيع المتتبع للبورصة الدولية، رؤية الارتفاع المستمر لأسهمها وخاصة تلك التي بدأت بالإعلان عن تجريبها لأنواع جديدة من الأدوية التي صُمِّمت بناء على المعلومات الجينومية، ومن أهم الأمراض التي تبحث عن دواء وهي تنتشر بشكل واسع في العالم الغربي مرض «الزهايمر» ومعظم أنواع السرطان ومرض التليف الحوصلي ومرض «باركنسون»، وأغلب الظن أنه سيتحقق نوع من التقدم في هذا المجال خلال السنوات العشرين القادمة، وهكذا فإن المعلومات الواردة عن بنية الجينات المسؤولة عن الأمراض الآنفة الذكر، ستستخدم لفهم آلية المرض نفسه الذي سيساعد بعدئذ على القيام بإصلاحه.

وهكذا، يمكن تلخيص الفوائد المرجوة من مشروع الجينوم البشري بالآتي:

١ـ معرفة العوامل المسببة لجميع الأمراض الوراثية والعمل على علاجها، هذه الأمراض التي بلغ عددها إلى الآن أكثر من ستة آلاف مرض، وبهذا يجري تحسين الوضع الصحي في المجتمع الإنساني ككل.

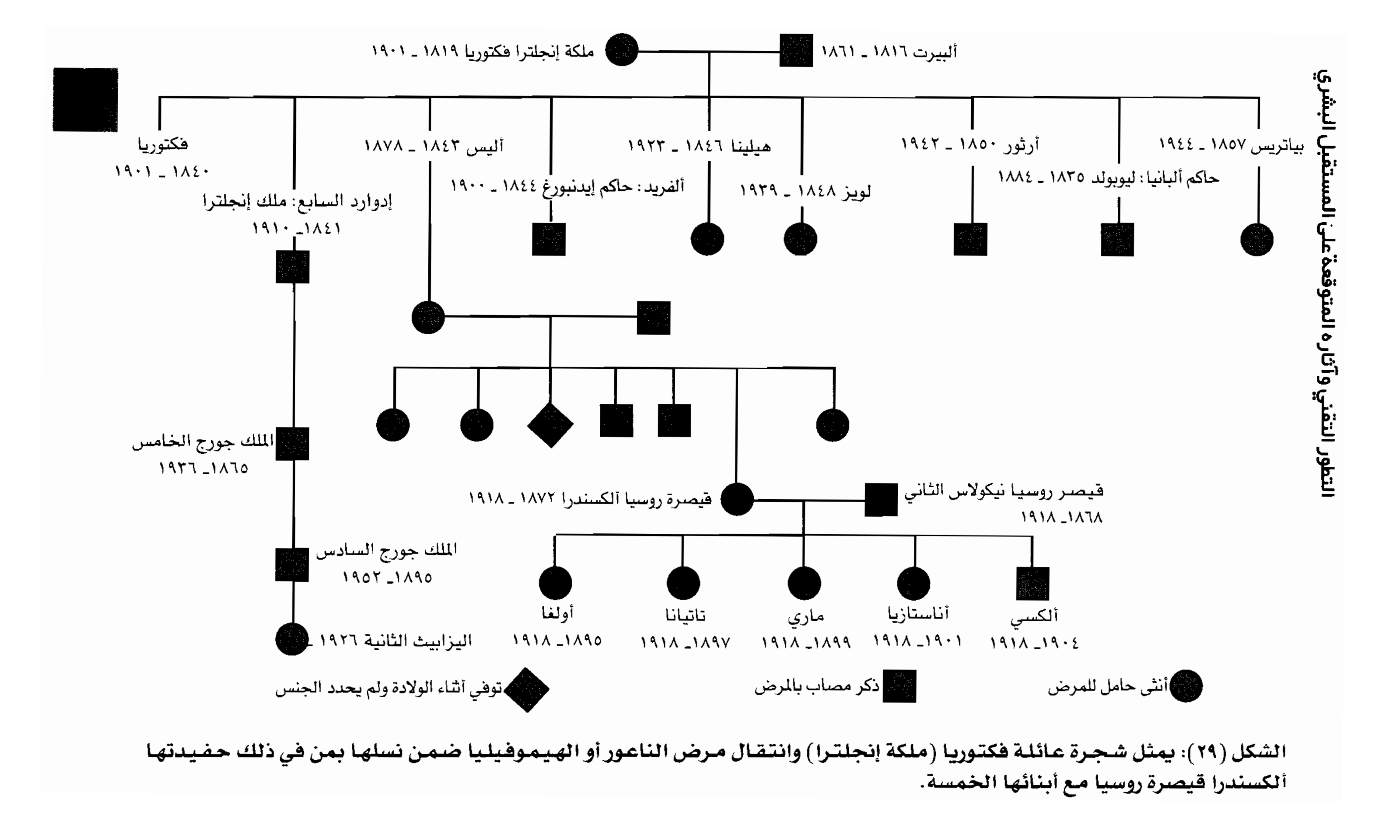
٢ـ تحديد التركيب الوراثي لأي إنسان الذي سيتيح المعرفة المسبقة لقابلية ذلك الشخص للإصابة بأمراض معينة، كضغط الدم، والنوبات القلبية، والسكر، والسرطانات وغيرها.

٣ـ يأمل العلماء أن يسمح مشروع الجينوم البشري بإنتاج ما يسمى الأدوية الذكية التي يحتاجها الإنسان لعلاج الأمراض.

ويمكن حصر الأضرار التي ستنجم عن معرفة الجينوم البشري بما يلي:

١ ـ على الصعيد الاجتماعي: إذا قدر أن يكون لكل إنسان جينومه الخاص، فإن قراءة هذا الجينوم، قد تؤثر في عمله الوظيفي، وخاصة إذا كشفت القراءة عن قابلية الشخص للإصابة بمرض، قد يعيقه في مراحل متأخرة من حياته، كمرض السرطان، وأمراض القلب، وما يترتب على ذلك من تفضيل غيره عليه، حين يتقدم لعمل وظيفي في شركة ما، وقد ترفض شركات التأمين على الصحة أن تغطيه بخدماتها لأنها تعده زبونا خاسرا. يضاف إلى ذلك، أن معرفة الجينوم لشخص ما، قد يشكل له عائقا في حياته الخاصة، كأن يرفض تزويج شخص تحمل مورثاته إمكان حصول مرض في مستقبل حياته. أو قد تؤدي قراءة الجينوم إلى طلب الطلاق من أحد الطرفين عندما يطلع على جينومه.

٢ ـ على الصعيد النفسي: من المرجح أن الشخص حين يعرف أسرار مورثاته، سيعاني مرارة نفسية مستمرة قد لا تحمد عقباها، إذ ستؤثر ـ بالضرورة ـ على جميع جوانب حياته، وقد تتفاقم أزماته النفسية، الأمر الذي ـ والحال تلك ـ يتعذر حصر أو توقع نتائجه على نحو يقيني دقيق، ولا نتعسف إن توقعنا من هذا الشخص الإجرام أو الانتحار، ولا سيما في ظل هيمنة القيم المادية وانعدام القيم الروحية إلى درجة كبيرة، ولا مراء في أن اتساع دائرة الآثار السلبية، سيشمل الإطار العائلي (الشكل ٢٩ يمثل شجرة العائلة لانتشار مرض الناعور) وبالتالي المجتمع، ومن هنا ستخلق مشكلة جديدة قد لا يستطاع السيطرة عليها، ألا وهي شيوع الأزمات النفسية في المجتمع الإنساني ككل، حيث كانت في السابق تنحصر في إطار الظواهر وتختلف من مجتمع إلى آخر، ولكنها هنا وللمرة الأولى، سترتهن الإنسان الجنس على وجه البسيطة. وهنا، لا يمكن إغفال الجانب الآخر، فيما يمكن من استخدامات للمعلومات مكتوبة في الشفرة الوراثية في الجينوم، وذلك في مجالات عديدة ـ غير طبية ـ و يمكن حصرها في الآتي:

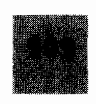


الشكل (٢٩): يمثل شجرة عائلة فكتوريا (ملكة إنجلترا) وانتقال مرض الناعور أو الهيموفيليا ضمن نسلها بمن في ذلك حفيدتها ألكسندرا قيصرة روسيا مع أبنائها الخمسة.

١ـ شركات التأمين على الصحة والتأمين على الحياة: حيث تستطيع الشركة الاطلاع على الشفرة الوراثية لصاحب الطلب حتى تتأكد من عدم وجود أي عيب وراثي، وسوف ترفض الطلب حين تتأكد أن صاحب الطلب قد يصاب بمرض في المستقبل وبهذا وبهدف السعي للربح الأكيد فإن شركة التأمين ستقبل طلبات هؤلاء الذين يظهر التحليل لشفراتهم الوراثية أنها لا تحتوي على أي عيب يتعارض مع سياستها الربحية (التجارية). وقد بدأت الدول الغربية بإصدار التشريعات الضرورية لعدم السماح لشركات التأمين بالاطلاع على المعلومات الوراثية. أما بالنسبة إلى مجتمعاتنا العربية فإن فكرة التأمين على الحياة لم تنتشر بشكل واسع بعد، ولا نعرف فيما إذا كانت قوانين العولمة الجديدة، سوف تضغط على صناع القرار لإدخالها إلى مجتمعاتنا تحت أي مسمى آخر، حيث إن هذه الشركات الدولية الكبيرة التي يمكن أن نعتبرها متعددة الجنسيات سوف تحاول وبكل الوسائل غزو هذه السوق الواسعة في الدول العربية والإسلامية، حيث إن هدفها الأول والأخير هو تحقيق الربح المضمون يضاف إلى ذلك أن موضوع التأمين على الصحة قد بدأ بالشيوع في بلداننا، وعليه يجب علينا أن نستفيد من تجارب البلدان الأخرى التي قطعت شوطا طويلا في هذه المجالات، وأن نبدأ بمسألة سن القوانين التي تلائمنا.

٢ـ شركات التوظيف التي ستحاول أن تستخدم من يمتلك الجينات القوية، وتستبعد من يثبت عند قراءة شفرته الوراثية، أنه سيكون عرضة لمرض ما. وأصحاب شركات العمل، لا سيما الخاصة منها، سيحاولون الحصول على أدق المعلومات عن صحة طالب الوظيفة حتى يتأكدوا أن استثمارهم لهذا الشخص سيكون مربحا ومثاليا.

٣ـ المحاكم القضائية: قد يلجأ المدعي العام أو محامي الدفاع في المحكمة إلى طلب تحليل وراثي للمتهم حتى يثبت أو ينفي الادعاء، ويتم ذلك بالتحليل الوراثي لبعض الآثار التي يعثر عليها رجال الشرطة ومقارنتها مع حروف الشفرة الوراثية للمتهم في القضية، وأعتقد أن محاكمنا ستجد نفسها في المستقبل مضطرة لطلب مثل هذه التحاليل الدقيقة. وقد يلجأ أحد الأبوين في حالة الطلاق إلى المحكمة، ليثبت



أنه أحق من الطرف الآخر (الأب أو الأم) في حق رعاية الأطفال بمجرد أن يتم إثبات أن جينوم ذلك الطرف يحتوي على عيوب وراثية قد تؤثر في قدرته على الرعاية السليمة والمستمرة، ويُثبت ذلك بعد الكشف عن تركيبته الوراثية وتقديمها للقاضي الذي يتولى الحكم في القضية.

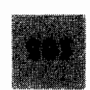
٤ـ وقد تلجأ الشركات التي تقرض الأموال للأفراد، خاصة عند شراء بيوت السكن إلى طلب التحليل الوراثي لصاحب القرض ليتحقق التأكد من حالته الصحية قبل أن تمنحه القرض، وخاصة تلك التي توصف بأنها طويلة الأجل.

٥ـ بعض العائلات قد تلجأ إلى تبني بعض الأطفال لأسباب كثيرة، وحين ذلك قد يحاول بعضهم الاطلاع على مورثات الطفل بعد قراءة جينومه، وسيتم قبول الطفل فقط إذا كانت نتيجة الفحص قد أظهرت أن الطفل سليم من الأمراض، ويتمتع بمورثات يمكن وصفها بأنها «عالية الجودة».

ويتبين من هذه الأمور السابق ذكرها أن معرفة أحرف الجينوم لشخص ما قد تؤدي إلى أن يطبق عليه ما يسمى بالتمييز الجيني، وهكذا فكما نرى أن التطور العلمي قد يساهم من بعيد أو قريب في تعقيد بعض المشاكل الإنسانية. وهكذا فإن المجتمع الإنساني يجابه تحديات واسعة النطاق خاصة فيما يتعلق بقدرته على توظيف وتفعيل الجوانب السلبية والإيجابية التي تتصف بها معظم الاكتشافات العلمية، وفي مجال اكتشاف الجينوم البشري وتطبيقاتها يجب على المجتمع أن يعرف كيف يستفيد من التطبيقات الطبية الواسعة في الجانب الطبي لتحسين الوضع الصحي للمجتمع، وأن يعرف كيف يتجاوز كل الأضرار التي قد يصاب بها المجتمع جراء هذه الاكتشافات.

حروب الجينات: العلم والسياسات والجينوم البشري

في الأشهر والسنوات التي سبقت صدور النسخة النهائية للشفرة الوراثية للإنسان دار جدال واسع على جميع المستويات السياسية والاقتصادية والعلمية والاجتماعية تمركز حول سؤال محوري: من يمتلك



الجينوم البشري؟ وقد يبدو هذا السؤال غريبا، إذ لا شك أن كل إنسان منا يمتلك جينومات فعلا، فهي موجودة في كل خلية من خلايا جسمي وهي موجودة في كل خلية من خلايا جسمك فكيف يمكن لهيئة أو لشخص أو لدولة أن تدعي أنها تمتلك مورثاتي أو مورثاتك؟ وهذه القصة حول من يمتلك المورثات تقف وراءها الرغبة في الربح المادي الهائل الذي قد يصل إلى حد الجشع الذي سينتج من معرفتنا لأحرف الشفرة الوراثية وخاصة بالنسبة إلى التطبيقات الطبية المرجوة وما ستجنيه من أرباح على مدى السنين القادمة، وهكذا فقد رأينا من ينادي باستصدار براءات الاختراع عن كل مورثة تجري معرفة حروفها، على أن تُسجَّل هذه البراءة باسم الشخص أو الهيئة التي توصلت إلى فك الحروف، وأن تُعمَّم البراءة على العالم، وهذا يعني أن أي دواء ينتج من استخدامات حروف المورثة وبأي شكل من الأشكال سيكون حكرا على الشركة التي تمتلك براءة الاختراع. وفي عام ١٩٩٩ صدر في الولايات المتحدة كتاب رائع يصف تلك الحرب على الجينوم ألفه «روبرت كوك ديغان» الذي كان رئيسا للجنة الأخلاقيات الطبية، وهي لجنة استشارية تابعة للكونغرس الأمريكي (المرجع ٥٢). وقد شرح المؤلف طبيعة الصراع الذي دار بين جيمس واتسون الذي كان مسؤولا عن مشروع الجينوم البشري ومديرة المركز الوطني الأمريكي للصحة برنادين هيلي عن كيفية إدارة المشروع، وعن إمكان قيام المعهد الوطني بإصدار براءات الاختراع لكل مورثة. ومن أهم المؤيدين للحق في إصدار براءات الاختراع كريج فنتر Craig Venter الذي عمل أيضا في المشروع الحكومي للجينوم البشري، ولكنه بعد صراع طويل مع إدارة المعهد الوطني للصحة قرر الخروج من المشروع الحكومي واستطاع أن ينشئ شركة خاصة سماها Celera (سيليرا) لتكون المنافس الوحيد للمشروع الحكومي، ومن خلالها استطاع فنتر وزملاؤه أن يحققوا إنجازا رائعا تمثل باكتشاف طرق جديدة وسهلة لقراءة الجينوم بسرعة فائقة أدت إلى التسريع الحقيقي في إنجاز مشروع الجينوم البشري في بداية ٢٠٠١، وقد فاقت كل التوقعات التي وضعها مخططو المشروع في بداياته الأولى. وموضوع براءات الاختراع هو موضوع شائك ودقيق ويستخدم في جميع الحالات التي تتسم بالإبداع والتجديد، وذلك لحماية ما يسمى «الإبداع الفكري»، ومن أهم الأسس التي

يقوم عليها مبدأ براءة الاختراع الإتيان بفكرة جديدة (غير مسبوقة) على أن تكون لهذه الفكرة تطبيقات في حياة الإنسان. ويعود السؤال الذي يطرح نفسه مرة أخرى حول قانونية إصدار براءات الاختراع لامتلاك الجينوم البشري وللتحكم (المادي) بها من قبل فئة محدودة، وقد جرت مناقشة واسعة في الأوساط العلمية عن كمية الجهد الفكري الذي بذله كريج فنتر فيما يتعلق بقراءة شيء موجود أصلا لكي يستطيع أن يمتلك حرية استخدام هذه المعلومات والتصرف بها، وأن يفرض ما يراه من شروط على الشركات والأفراد التي يستخدمون المعلومات الواردة عن أحرف الشفرة الوراثية، لكي يسمح لهم باستخدام ما ساهم به، ولذلك فإن شركة سيليرا قد حجبت كل معلوماتها الناتجة لقراءة الجينوم لتضعها في بنوك خاصة للمعلومات، واشترطت أن يتم الدخول إليها والاستشارة بها بعد دفع ثمن باهظ من الأفراد والشركات، وبالفعل فإن بعض الشركات الدوائية قد وجدت نفسها في حاجة إلى أن تدفع المال لكي تصل إلى المعلومات المتوافرة لدى شركة سيليرا، ومقابل ذلك كان مشروع الجينوم الحكومي قد قرر أن يضع المعلومات التي يحصل عليها أولا فأولا على موقع خاص في شبكة الإنترنت يستطيع من أراد أن يدخل إليه (بما في ذلك شركة سيليرا) مجانا، بناء على الاعتقاد السائد لدى الكثيرين أن المعلومات عن الشفرة الوراثية يجب أن تكون موفرة للجميع، فهي ملك المجتمع الإنساني، وأنه لا يجوز التحكم بها ولا بأي شكل من الأشكال. وقد حاول كريج فنتر أن يلتف على بعض القوانين، حيث كان قد طلب براءة اختراع في عام ١٩٩٩ ليطلب تسجيل أكثر من مليون تتابع جيني موجود في الجينوم البشري بعد أن استطاع اكتشافهم من دون أن يسبقه أحد في ذلك، عندما استخدم طريقة خاصة تسمى Express Sequence Tags، وفي جميع الأحوال يجب أن نميز بين عدم نشره للمعلومات التي حصل عليها حين وضعها في بنك خاص للمعلومات يجب أن تدفع للدخول إليه والاستفادة من معلوماته وبين محاولاته للقيام بتسجيل نتائجه على شكل براءة اختراع، وهذا يعني أن حق الاطلاع على المعلومات سيكون مؤمنا للجميع (حيث إنها ستنشر في المجلات العالمية)، ولكن سيكون ممنوعا على من يريد أن يستخدم هذه المعلومات للبحث العلمي الذي قد يقود في نهاية الأمر إلى اكتشاف دواء

جديد لأحد الأمراض المستعصية التي تبحث الإنسانية وبشكل حثيث لإيجاد الدواء له، كما هي الحال بالنسبة إلى مرض (الأيدز) أو السرطان. ويبدو الآن أن جميع أطراف اللعبة من علماء، وسياسيين، ورجال مال، قد يتفقون على أن المعلومات الواردة في الشفرة الوراثية للجينوم البشري ستكون ملكا إنسانيا مشتركا لأبناء البشرية، وذلك لأن هذه المعلومات بحد ذاتها موجودة منذ الأزل، ولم يأت أحد بجديد، ولذلك لا يحق لأحد أن يتملكها دون الآخرين، ولكن سيستطيع من يريد من العلماء أن يغير ويبدل في أجزائها بهدف استخدامها التجاري، ويتم ذلك بأن يضاف لأحرف المورثة حروف جديدة قد تؤدي إلى تغيير في المعنى والذي قد يمكن استخدامه للعلاج، أي أن الفكرة التي تنادي بالربح المادي نتيجة لاستخدام أحرف مورثاتنا بالنظام الذي كتبت به هو أمر مرفوض، حتى لو كانت هذه الأحرف غير معروفة لنا، وقد قام أحدنا باكتشافها، وأتساءل فيما لو اكتشف أحدنا لغة كلامية جديدة واستطاع شخص آخر أن يفهم اللغة وأن يقدمها للإنسانية، فهل يجب على من حاول أن يتكلم اللغة الجديدة أن يدفع رسوما معينة؟ واللغة الجينومية التي من المؤكد أنها لم تكتب بأياد بشرية، يجب أن تبقى كما هي، وليست ملكا لأحد، وإن قبلنا بذلك فهذا يعني أن مبادئ عبودية البشرية قد بعثت من جديد بأشكال أخرى، إذ لا أرى فارقا بين امتلاك الإنسان أو امتلاك جينومه.

الاستنساخ: الفوائد والأضرار

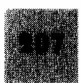
لقد ولدت النعجة دوللي بتاريخ ٥ يوليو ١٩٩٦، وقد هز خبر ولادتها العالم، ولم يتم الإعلان الرسمي بولادتها إلا في شهر فبراير ١٩٩٧، أي بعد تكتم على الأمر لمدة ثمانية شهور ومنذ ذلك اليوم أصبحت صورة دوللي النعجة معروفة للجميع في أنحاء الأرض كافة. وتلا ذلك إعلان استنساخ قردين بطريقة أخرى في جامعة أوريجون. ولما كانت التقانة التي استعملها العلماء للوصول إلى هذه الإنجازات وافية، كما يفترض، لتطبيقها على استنساخ الإنسان، فقد عقدت المنظمة الإسلامية للعلوم الطبية ندوة خاصة لمناقشة الرأي الشرعي حول إمكان تطبيق هذه التقنيات على الإنسان، وقد جاء في توصياتها ما يلي:

«ظهر أن تلك القضية تكتنفها محاذير فادحة إن دخلت حيز التطبيق، من أبرزها العدوان على ذاتية الفرد وخصوصيته، وتميزه من بين طائفة من أشباهه (نسخه)، وكذلك خلخلة الهيكل الاجتماعي المستقر، والعصف بأسس القرابات والأنساب وصلات الأرحام والهياكل الأسرية المتعارف عليها على مدى التاريخ الإنساني، وكما اعتمدتها الشريعة الإسلامية، وسائر الأديان، أساسا للعلائق بين الأفراد والعائلات والمجتمع كله. بما في ذلك من انعكاسات على أحكام القرابات والزواج والمواريث والقانون المدني والجنائي وغيرها، وسبقت في هذا الباب فرضيات واحتمالات كثيرة».

وعلى الرغم من ذلك الرأي فإن المنظمة قد أكدت أن الإسلام لا يحجر على حرية البحث العلمي ولا يقيدها حيث يعدها من تكاليف الشريعة.

وتعتبر المنظمة أن الإسلام يقضي بألا يترك الباب مشرعا من دون ضوابط تحول دون دخول تطبيقات نتائج البحث العلمي إلى الساحة العامة، بغير أن تمر على مصفاة الشريعة؛ لتمرر الحلال وتحجز الحرام. فلا يسمح بتنفيذ شيء لمجرد أنه قابل للتنفيذ. بل لا بد أن يكون خاليا من الضرر وغير مخالف للشرع.

لقد عاشت دوللي أقل من ستة أعوام، وماتت في الرابع عشر من فبراير ٢٠٠٣، وقد أصدرت الحكومة البريطانية قرارا بأن جثة دوللي المحنطة سوف يتم عرضها في المتحف الملكي في أدنبرة، وستوضع في موقع بارز في الجناح المخصص للعلوم، وهكذا فإن دوللي النعجة المستنسخة قد دخلت التاريخ بجدارة، وليس غريبا أن يتزامن الاحتفال بدخولها إلى المتحف الوطني في اسكوتلندا مع الذكرى السنوية الخمسين لاكتشاف الحامض النووي من قبل واتسون و كريك. وهناك نقاش واسع في الدوائر العلمية حول سيرة حياتها فقد (تزوجت) وأنجبت في أبريل ١٩٩٨ النعجة التي سُميت بوني، وفي سنة ١٩٩٩ ولدت ثلاثة خراف وكلها لا تزال على قيد الحياة. والسؤال المحير الذي يطرحه العلماء بقوة هو لماذا عاشت دوللي ست سنوات في حين أن بنات جنسها من النعاج يعشن عادة ضعف المدة التي عاشتها دوللي (١٢ سنة). وأنا أطرح السؤال بطريقة مغايرة وأقول: لماذا عاشت دوللي نصف حياتها؟ وهل أصبح



متوسط أعمار الأغنام ستة أعوام فقط؟ لقد أصيبت دوللي قبل موتها بمرض التهاب المفاصل وأصيبت أيضا بالتهاب رئوي حاد أدى إلى موتها (ولو أن حقيقة الأمر هي أن الأطباء البيطريين المشرفين عليها قد قرروا قتلها بما يسمى «القتل الرحيم»، حتى لا تتألم كثيرا، ومساعدتها على الموت!). ومعلوم أن هذا النوع من الأمراض ينتشر بشكل كبير بين كبار السن فقط، ولا يلائم سن الشباب التي ماتت فيها دوللي. ويجب القول إن ما نسمعه من أخبار عن حياتها قد يكون شيئا قليلا، حيث أن هذا النوع من الأبحاث له أهمية خاصة ويحاط بنوع كبير من السرية. وفي رأيي إن هناك أمورا كثيرة عن حياة وموت دوللي لا تزال غامضة. وهكذا فإن السؤال الذي يطرحه علماء الاستنساخ فيها: لماذا هذه الحياة السريعة؟ ولماذا هذا الموت المبكر؟ وللعلم فإن الخلية التي استخدمت لاستنساخ دوللي كان قد تم الحصول عليها من نعجة عمرها ست سنوات وهكذا فإذا تم جمع عمر الخلية التي صنعت منها دوللي مع العمر الذي عاشته دوللي فسيكون حوالى ١٢ عاما، وهو متوسط العمر الذي تعيشه الأغنام عادة. وهنا يبرز السؤال فيما إذا كان هناك نوع من البرمجة لطول العمر، وأن السنوات الست التي عاشتها دوللي هي مجرد استمرار لبرنامج الحياة الذي تضمنته نواة الخلية التي استخدمت في صناعة دوللي. والذي يمكن فهمه هنا هو أن العمر الذي سيعيشه الحيوان المستنسخ سيتناسب طردا مع عمر الخلية التي تستخدم في عملية الاستنساخ، وهكذا يمكن أن نتصور أنه إذا جرى استنساخ شخص يبلغ من العمر ستين عاما فإن عمر الطفل الناتج عن عملية الاستنساخ سيكون قصيرا، وستظهر عليه علامات الشيخوخة، بما فيها الأمراض بشكل مبكر، وقد تؤدي إلى الموت في سن الطفولة. وإن صحت هذه التوقعات فإن العلماء سيعيدون النظر، بشكل جدي، في الفوائد المرجوة من عمليات الاستنساخ.

هذا المأزق الكبير في عملية استنساخ دوللي يؤكد حقيقة مهمة، هي أن هذا المجال لا يزال في بداياته، وهناك طريق طويلة وشاقة يجب اجتيازها حتى نصل إلى فكرة واضحة عن ماهية الاستنساخ، وعن إمكان القيام به بشكل واسع في عمليات الاستنساخ التكاثري، قبل أن يجري البدء بما يسمى بعمليات الاستنساخ العلاجي. وينتظر أن تلقي تجارب

الاستنساخ التي تمت على بعض الحيوانات الأخرى بمزيد من الضوء على هذا الجانب، ولكن قد يستغرق ذلك بعض الوقت الذي قد يمتد لعشرات من السنين.

ومن أهم الفوائد المبتغاة من عمليات الاستنساخ ما يلي:

١. القيام باستنساخ للحيوانات التي يخشى من انقراضها أو التي كانت قد انقرضت، ويحاول الآن علماء في أستراليا استنساخ نمر تسمانيا الذي توفي آخر نمر منه في عام ١٩٣٦ بعد أن نجحوا في استنساخ بعض جينات هذا الحيوان من خلايا ذكر وأنثى صغيرين كانا قد حفظا في أحد المتاحف. وكلنا يذكر فيلم «جوراسيك بارك» الذي عرض في عام ١٩٩٣، والذي تحدث عن استنساخ أحد الديناصورات باستخدام قطرة دم كانت قد عُثر عليها عن طريق المصادفة في خرطوم بعوضة حفظت بطريقة جيدة في الغابات الأمازونية بجنوب أمريكا. ويجب الإشارة إلى أن هذا النوع من الاستنساخ قد يتضمن في بعض الأحيان أخطارا كبيرة، وقد يصعب التكهن بنفعه أو ضرره قبل حدوثه، وقد يؤدي إلى كارثة غير متوقعة على الحياة البشرية.

٢ـ القيام باستنساخ الحيوانات أو النباتات لاستخدامها في الغذاء، وكذلك لإنتاج الأدوية المختلفة في حليب تلك الحيوانات، وما لهذا الأمر من أهمية على المستوى الاقتصادي.

٣ـ الاستنساخ العلاجي، ويتم باستنساخ بعض الأعضاء التي يكمن أن تستخدم في الطب. ويدخل في هذا المجال إمكان تعديل أو إصلاح الخلل الوراثي في خلية الشخص المصاب بمرض ما، ومن ثم يجري استنساخها لكي يتخلص الإنسان من مرضه.

ويمكن أن نجمل المخاطر التي يمكن توقعها من عمليات الاستنساخ ما يلي:

١ـ الأخطار الصحية غير المعروفة على الإنسان المستنسخ واحتمال احتوائه على الطفرات الوراثية الضارة لصحته، ولمعرفة هذا النوع من الأخطار يجب الاعتبار من التجارب التي أجريت على الحيوانات ومنها دوللي. ويخاف العلماء أن يتم، بطريق الخطأ، استنساخ نوع من البشر يحملون صفات وراثية غريبة، ويتساءل البعض عن إمكان أن نستنسخ ما يسمى بالكائنات غير السوية أو الأمساخ monsters.

٢ ـ الأخطار النفسية التي يمكن أن تلحق بالمستنسخ والتي لا نعرفها إلى الآن، فكل تجارب الاستنساخ أجريت لدى الحيوانات، ولا يمكن أن نكتشف الآثار النفسية على الحيوان المستنسخ، ولذلك فإن هذا المجال سيبقى مظلما، لأن تفسير النتائج المتوافرة من التجارب على الحيوانات لن تزيد في معارفنا في هذا المجال. وتخيل أن لك زوجة وتم استنساخها، وبعد سنوات بدأت ترى نسخة زوجتك تكبر وتكبر وعندما ستكون أنت وزوجتك (غير المستنسخة!) في سن الخمسين فإن أخت زوجتك (المستنسخة) ستكون في سن العشرين، وهنا يتساءل بعضهم عن نوعية الشعور أو العاطفة التي ستكون أنت عليها حين تنظر إليها؟! فهذه الشابة ما هي إلا زوجتك عندما كانت في العشرين من عمرها، فما هو شعورك وأنت تراها ستتزوج من غيرك؟!

٣ ـ هناك خوف من أن تُستخدم تقنيات الاستنساخ في أعمال أخرى، منها تحسين النسل، وما يترتب على ذلك من أخطار غير معروفة على المستقبل البشري.

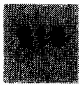
الحكم الشرعي الإسلامي في الاستنساخ

لقد ورد في توصيات المنظمة الإسلامية للعلوم الطبية، فيما يتعلق بالرأي الإسلامي حول موضوع الاستنساخ ما يلي:

أولا: تحريم كل الحالات التي يقحم فيها طرف ثالث على العلاقة الزوجية، سواء أكان رحما أم بويضة أم حيوانا منويا أم خلية جسدية للاستنساخ.

ثانيا: منع الاستنساخ البشري العادي، (نقل نواة جسدية لبويضة منزوعة النواة)، فإن تظهر في المستقبل حالات استثنائية تُعرض لبيان حكمها الشرعي من جهة الجواز أو المنع.

ثالثا: مناشدة الدول سن التشريعات القانونية اللازمة، لغلق الأبواب المباشرة وغير المباشرة أمام الجهات الأجنبية، والمؤسسات البحثية، والخبراء الأجانب؛ للحيلولة دون اتخاذ البلاد الإسلامية ميدانا لتجارب الاستنساخ البشري، والممارسات غير الشرعية في مجال الإخصاب البشري، والترويج لها.



رابعا: متابعة المنظمة الإسلامية للعلوم الطبية، وغيرها من المؤسسات، لموضوع الاستنساخ ومستجداته العملية، وضبط مصطلحاته، وعقد الندوات واللقاءات، اللازمة لبيان الأحكام الشرعية المتعلقة به.

خامسا: الدعوة إلى تشكيل لجان متخصصة في مجال الأخلاقيات الحياتية؛ لاعتماد بروتوكولات الأبحاث في الدول الإسلامية، وإعداد وثيقة عن حقوق الجنين، تمهيدا لإصدار قانون لحقوق الجنين.

خلايا المنشأ والطب الجينومي: إلى أين نسير؟

يجب هنا التمييز بين ثلاثة أمور، هي التطبيقات العلاجية لخلايا المنشأ، والتطبيقات العلاجية للاستنساخ، والتطبيقات الأخرى التي تستند إلى معرفتنا لتركيب الجينوم ومقدرتنا على تغيير تركيبها، وسنتحدث هنا عن النتائج التي تترتب على استخدام خلايا المنشأ أو استخدام التقنيات الجينية لتغيير البنية الجينية للمريض بهدف العلاج.

أولا: اكتشاف خلايا المنشأ، وهي على نوعين: خلايا المنشأ الجنينية وخلايا المنشأ اليافعة (غير الجنينية) وتطبيقاتها المأمولة، ففي كلتا الحالتين يؤمل أن تساهم هذه الخلايا في صناعة الأعضاء (كالقلب والكلية والعين) والنسج البشرية (كالدم وبعض الأنسجة المتخصصة) التي يكمن استخدامها في العلاج. ويجب الإشارة إلى أنه على الرغم من أن كلا النوعين يخدم الغرض نفسه، إلا أن خلايا المنشأ الجنينية Embryonic Stem Cells لها تطبيقات تزيد على قضية اصطناع الأعضاء، حيث يمكن أن تستخدم لاستنساخ إنسان كامل، في حين أن خلايا المنشأ اليافعة Adult Stem Cells التي يُحصَل عليها من معظم الأنسجة (ما عدا الخلايا التكاثرية) فسيقتصر استخدامها على إنتاج الأعضاء والنسج البشرية وبهذا فهي لن تسبب أي مشاكل اجتماعية أو أخلاقية في المجتمع.

ثانيا: التطورات المرتبطة بطب المورثات، وهنا يجب التمييز بين نوعين من المعالجة الجينية باستخدام التقنيات الحديثة: المعالجة الجينية للخلايا والنسج الجسدية، والمعالجة الجينية للخلايا التكاثرية (الأعراس). إذا كان هدف المعالجة الجينية هو الخلايا الجسدية فإن التغير الذي سيصيب الجينوم لن يورث إلى الأجيال القادمة وسيقتصر تأثير العلاج على العضو المعالج في الشخص نفسه،

وهكذا فإن التأثير المنتظر سيبقى محدودا، ولن يستمر في الأجيال القادمة، أما المعالجة الجينية للخلايا التكاثرية فلها ميزات وأضرار، ومن مميزاتها أن معالجة العطل أو الخلل الوراثي على مستوى الأعراس سيتم تصليحه في جميع الأجيال المقبلة، وعلى الرغم من أن المريض نفسه لن يستفيد من المعالجة الجينية لخلايا أعراسه، ولكن سيتمكن المريض من الاطمئنان على أن أولاده وأحفاده سيولدون سالمين وغير مصابين بالخلل الوراثي الذي كان يحمله في أعراسه، في حين أن معالجة الجينات في الخلايا الجسدية يتطلب تكرار العملية كل مرة يظهر فيها المرض في الأجيال القادمة. أما الجانب السلبي لعلاج الجينات في الأعراس فإن ذلك قد يؤدي إلى عواقب وخيمة نتيجة التغيير، وعندها سيكون من الصعب إعادة الأمور إلى ما كانت عليه في السابق. وكمثال على المعالجة الجينية للخلايا الجسدية هو ما حدث للطفلة Ashanti التي ولدت في عام ١٩٨٦، وهي تعاني مرضا في مورثة واحدة سببت لها عجزا مناعيا، وفي مراحل حياتها الأولى كانت تعاني دائما من الالتهابات الناتجة عن أي اتصال ميكروبي. وفي عام ١٩٩٠ حصلت على أول علاج جيني في تاريخ البشرية، حيث جرى تزويدها بنسخة سليمة من المورثة المسؤولة عن المرض، ويبدو الآن ـ وهي في سن السادسة عشرة ـ أنها في حالة صحية جيدة. ومن الأمراض التي تجري الآن محاولة علاجها مرض الناعور وداء السكري وبعض أنواع السرطان. وعلى الرغم من أن هذه المحاولات العلاجية للجينات تجري على مستوى الخلايا الجسدية فقط، أي أن العلاج سيقتصر على الشخص المصاب، وأن محاولات أخرى يجب أن تتكرر على كل الأشخاص الذين سيولدون مع المرض من ذريته في الأجيال المتعاقبة، وفي جميع الأحوال يبدو أن محاولات العلاج الجيني لخلايا الأعراس لم تبدأ بعد، أو على الأقل لم تُعلن بشكل صريح، آخذين بعين الاعتبار وجود قوانين تحرم القيام بأي نوع من هذه التجارب على الإنسان، أما التجارب على الحيوان فقد وصلت إلى مرحلة متقدمة، ولكن النتائج الحقيقية تظل طي الكتمان والسرية، لما لها من أهمية، خاصة على المستوى الاقتصادي، فيما إذا طبقت على الإنسان. وهكذا فإن السؤال سيبقى مطروحا في المستقبل عن إمكان استخدام خلايا الأعراس في الطب الجيني، خاصة إذا أثبت العلماء في تجاربهم المسموح بها على الحيوان، وفي تجاربهم التي يقومون بها على الإنسان سرا، أن التقانة خالية من الأضرار والنتائج غير المحمودة.

تعاريف ومصطلحات

جينوم (Genome): الجينوم هو مجموع المادة الوراثية التي تحتويها الخلية، وهي تتضمن كل المورثات (Genes) يضاف إليها جميع المادة الوراثية المحيطة بمنطقة المورثات. يحتوي الجينوم البشري على ما يقارب ٣٠ إلى ٤٠ ألف مورثة، وهي تعادل ١ ٪ من مجموع المادة الوراثية المتمثلة بالجينوم والتي تساوي ٣,٢ بليون زوج أو أساس قاعدي (Base Pair).

جينوميكس (Genomics): العلم الذي يدرس بنية ووظيفة الجينوم ويهدف إلى تحديد وظيفة كل مورثة.

بروتيوم (Proteome): المجموع الكلي للبروتينات التي تحويها الخلية.

بروتيوميكس (Proteomics): العلم الذي يدرس بنية ووظيفة البروتينات التي تنتجها الجينوم.

إنزيم Enzyme: بروتين يعمل كحفاز، يزيد من سرعة تفاعل بيوكيمياوي لكنه لا يغير اتجاه التفاعل أو طبيعته. وقد ورد اللفظ: «أنظيم» و«أنظيمات» في بعض الكتب والمراجع العربية

إنزيم بلمرة الـ «د.ن.أ» DNA Polymerase: إنزيم يعمل كحفاز (مسبب) في تضاعف الـ «د.ن.أ».

إنزيم قاطع للـ «د.ن.أ» DNA Restriction Enzyme: بروتينات خاصة بالبكتريا، يستخدمها العلماء لقطع الـ «د. ن. أ» في أماكن محددة، حيث يستطيع كل منها أن يتعرف على تتابعات نوتيدية قصيرة، وهناك الآن المئات منها.

سلسلة أو تتابع Sequence: ترتيب النوتيدات في حمض نووي أو ترتيب الأحماض الأمينية في بروتين.

بروتين Protein: جزيء كبير يتكون من سلسلة أو أكثر من الأحماض الأمينية في تتابع معين؛ يحدد تتابع الأحماض الأمينية في البروتين عن طريق تتابع النوتيدات في المنطقة المشفرة من الجينوم (الإكسونات)، وهي لازمة لبناء الخلية ولها وظائف أخرى تتحكم بموت وحياة الخلية.

التعبير الجيني (Gene Expression): العملية التي تترجم بها المعلومات المشفرة في مناطق الجينوم (المناطق الفاعلة)، لتعطي الحمض النووي الريبي الرسول (م. ر. ن. أ)، الذي بدوره يتم ترجمته بواسطة الريبوزومات إلى بروتين نوعي.

حيوان أو نبات عبر وراثي (Transgenic): حيوان تحمل خلاياه مادة وراثية من كائن حي آخر وتنتقل باستمرار إلى ذريته عن طريق خلاياه التكاثرية، على سبيل المثال قد تحمل الفئران عبر الوراثية مادة وراثية من البشر أو من الجراثيم، ويخشى العلماء أن طرق التحسين الوراثي التي يطالب بها البعض قد تؤدي إلى تحول الجنس البشري إلى عبر جيني.

خارطة وراثية (Genetic Map): الخارطة التي تحمل المواقع الدقيقة للجينات في الجينوم وتحدد إحداثياتها بالضبط على كل صبغي، وقد تمكن العلماء بعد فك الشفرة الوراثية من رسم خارطة مقبولة توضح أماكن معظم المورثات التي توجد في الجينوم، ولكن هذه الخارطة ليست نهائية حيث يتم التغير والإضافة في بعض المواقع في كل يوم يمر.

د. ن. أ (DNA): أو الحمض النووي الريبي، المنقوص الأوكسجين، وهو يشكل المادة الموجودة في داخل نواة الخلية، وهو الذي يحمل المعلومات الوراثية المسؤولة عن بعث الحياة في الكائن الحي.

ر. ن. أ (RNA): أو الحمض النووي الريبي، وهو عادة يتكون من شريطة واحدة، وهو بذلك يختلف عن الـ «د. ن. أ» الذي يتكون من شريط حلزوني مضاعف. أما البنية الكيميائية فهي تشابه بنية الـ «د. ن. أ» ماعدا أن السكر الذي يدخل في تركيبه هو الريبوز (Ribose) وكذلك فهو لا يحتوي على الأساس المسمى ثايمين، ولكنه يحتوي على الأساس الخامس المسمى يوراسيل (Uracil) ويرمز له بالحرف U. «ر. ن. أ» الخلية يجري إنتاجه من المورثات (أي من الـ «د. ن. أ») خلال ما يسمى بعملية النسخ Transcription). وبشكل عادي فإنه يتم نسخ نوع معين من الـ «ر. ن. أ» ابتداء من كل مورثة، وهكذا يمكن التصور أنه يوجد على أقل تقدير ٣٠ ألف نوع من الـ «ر. ن. أ» في الخلية الإنسانية، ويجب العلم أن كل نوع من هذه الأنواع سيتم ترجمته إلى بروتين خاص. وتجدر الإشارة إلى أن طول هذه الجزيءات يكون أقصر بكثير من جزيءات الـ «د. ن. أ» وهو يقدر بمئات إلى بضعة آلاف نكليوتيد.

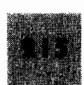
الحلزون المضاعف (Double Helix): يتألف جزيء الـ «د. ن. أ» من حلزون مزدوج الشريط (السلسلة)، وتتكون كل شريطة من وحدات أساسية تسمى بالنكليوتيدات، يتألف الواحد منها من أحد القواعد الآزوتية الأربع (أدنين، غوانين، ثايمين أو سايتوزين) وسكر الريبوز المنقوص الأوكسجين، بالإضافة إلى زمرة فوسفات. ويوصف جزيء الـ «د. ن. أ» بالحلزون المزدوج لأن الشريطين يلتفان أحدهما على الآخر حول محور وهمي.

المورثة (Gene): وهي تمثل الوحدة الأساسية المسؤولة عن وراثة الصفات، وهي تحتوي على الصفات الوظيفية والبنيوية التي تنتقل من الأباء إلى الأبناء. والمورثة هي عبارة عن قطعة صغيرة من الـ «د. ن. أ» ومعظم المورثات تحتوي على المعلومات المسؤولة عن إنتاج وصنع بروتين خاص ومحدد. أي أنه في داخل الخلية يوجد هناك مورثة واحدة لكل بروتين.

مورثة سرطانية (Oncogene): وهي نوع من المورثات، التي اكتشفت لأول مرة لدى الفيروسات التي تصيب الإنسان والحيوان وتسبب لهما السرطان. وقد اكتشف العلماء أن الجينوم البشري يحتوي على بعض المورثات (Proto-Oncogenes) التي إن حصل عليها طفرة (أو تغير في الكم أو النوع) فإنها تكتسب وظيفة جديدة، وتساهم في توليد السرطان في الخلية، ولذلك سميت مورثات السرطان الإنسانية.

وحدات قياس طول الـ«د. ن. أ»:

- **زوج قاعدي (Base Pair)**: وهو يمثل الوحدة الأساسية التي تدخل في تركيب جزيء الـ «د. ن. أ» أو الـ «ر. ن. أ» وهو عبارة عن مركب كيميائي يدخل في تركيبه أحد الأسس التالية: أدنين، غوانين، ثايمين أو سايتوزين، ويرمز لها بالأحرف A, G, T, C، والأدينين يتزاوج مع الثايمين أما السايتوزين فهو يتقابل مع الغوانين، وهذا التزاوج الخاص أو التتامية بين الجزيءات الموجودة في الشريط الحلزوني المضاعف للـ «د. ن. أ» هو الذي يميز ما يسمى بالشفرة الوراثية.
- **نوتيدة (Nucleotide)**: وهي وحدة البناء الأساسية التي تدخل في تركيب جزيءات الـ «د. ن. أ» أو الـ «ر. ن. أ» وتتألف من أحد القواعد الآزوتية الأربع (أدنين، غوانين، ثايمين أو سايتوزين في الـ «د. ن. أ» - أدنين، غوانين، يوراسيل



أو سايتوزين في الـ «ر. ن. أ»، وجزيء فوسفات وجزيء سكر (ريبوز منقوص الأوكسجين في الـ «د. ن. أ» وريبوز في الـ «ر. ن. أ»). ترتبط آلاف النوتيدات بعضها ببعض لتشكل جزيءات الـ «د. ن. أ» أو الـ «ر ن أ».

• **كيلو قاعدة (ك.ق) (Kilobase kb)**: وهو الوحدة التي تستخدم لقياس طول جزيئات الـ «د. ن. أ» وهو عبارة عن المسافة التي تعادل ألف زوج من القواعد.

• **مليون قاعدة (م.ب) (Megabase Mb)**: وهو عبارة عن المسافة التي تعادل مليون زوج من القواعد، فمثلا طول الجينوم البشري الكلي يعادل ٣٢٠٠ م ب، وطول جينوم جرثومة السل الرئوي يساوي ٤,٤٠ م ب.

سلسلة الـ «د. ن. أ» (DNA Sequencing): هي الطريقة أو مجموعة الطرق التي يتم بواسطتها معرفة ترتيب الأسس أو النكليوتيدات (التي تمثل الوحدة الأساسية في جزيء الـ «د. ن. أ» التي تدخل في تركيب مورثة معينة أو قطعة من الـ «د. ن. أ». وعملية السلسلة أو قراءة الجينوم تتم بعد أن يوسم الجزء المراد معرفة تركيبه بمادة مشعة أو بملون خاص يسهل متابعته وبمساعدة بعض الأنزيمات الخاصة، ويتم تحليل نتائج التفاعل بطريقة التشريد الكهربائي (Gel Electrophoresis)، حيث نستطيع أن نقرأ ترتيب الأسس الأربعة في قطعة الـ «د. ن. أ» المراد تحليلها. ويمكن أيضا سلسلة البروتين الخلوي ومعرفة تسلسل وترتيب الحموض الأمينية التي تدخل في تركيبه (انظر الشكل ٢٤).

خرجون (Exon): يتكون «د. ن. أ» المورثة من نوعين من التتابعات: تتابع أو سلسلة يتم نسخها إلى «ر. ن. أ» وبعدها تترجم إلى بروتين، وتشكل هذه التتابعات نسبة قليلة إذا ما قورنت بالتتابعات التي تتخلل الإكسونات والتي تسمى بالإنترونات، وهي تنسخ في الـ «ر. ن أ» ولكن لا تتم ترجمتها في البروتين، وهي تشكل الجزء الأكبر من بنية المورثة (تشغل في بعض المورثات ما يقارب ٩٥ ٪ من طول المورثة).

دخلون (Intron): تتابع الـ «د. ن. أ» الذي يتخلل الإكسونات والتي تكون ممثلة في الـ «ر. ن. أ» وغائبة التمثيل في الناتج النهائي لعملية الترجمة الوراثية والمتمثلة بالبروتين. ووظيفة هذه التتابعات الضخمة غير واضحة المعالم. (انظر أيضا إكسون).

طفرة (Mutation): تغير يحصل في بنية «د. ن. أ» الخلية وبشكل دائم، وهذا التغير في البنية التركيبية للـ «د. ن. أ» قد يكون غير ضار أو قد يؤدي، كما هي الحال في بعض الأمراض، إلى نتائج وخيمة قد تسبب موت الكائن الحي. وفي بعض الأحيان فقد تؤدي الطفرة إلى حصول الكائن الحي على صفات حسنة ليستفيد منها هو وأبناؤه.

بولي مورفيسم أو التعدد الشكلي للـ «د.ن.أ» (DNA Polymorphysim): مناطق من الجينوم يختلف تركيبها بين الأفراد الذين ينتمون إلى مجموعة بشرية واحدة، أي أن الحروف المكونة لهذه المنطقة تختلف من شخص لآخر وحتى بين الإخوة، ولذلك فهي تستخدم في تقنيات البصمة الوراثية.

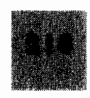
النوتيدة المتعددة الأشكال (Single Nucleotide Polymorphism SNP): وهو تحور يصيب نوتيدة واحدة في مناطق معينة من الجينوم، هذا التحور الحرفي الأحادي في مناطق الجينوم البشري هو الذي يميز أفراد البشر بعضهم عن بعض، وقد يكون له وظائف مهمة في الجينوم، وهناك أبحاث كثيرة في هذا المجال لمعرفة دور هذه التشكيلات المنتظمة والتي تتميز بتناسق كبير في تكرارها وفي اختلافها بين الأفراد.

صبغي (Chromosome): كلمة كروموزوم أصلها من الكلمة الإغريقية Chromos وتعني ملون وSoma وتعني الجسم، وهكذا فإن التسمية تنبع من قدرة هذه الجزيءات الصغيرة على التلون، ولذلك سميت بالعربية صبغيات. والصبغي هو جزيء ذو شكل عصوي أو خيطي مكون من اتحاد بروتينات خاصة (الهستونات) مع جزيء «د. ن. أ» وهو يوجد داخل نواة الخلية، والـ «د ن أ» في داخل النواة أخذ أشكالا مختلفة، وذلك يعتمد على الطور الوظيفي للخلية. والصبغي هو الشكل الذي يمكن رؤيته في طور انقسام الخلية المسمى ميتافاس (Metaphase) حيث تكون عملية تلوينه ممكنة. والصبغيات هي المكان الذي يحتوي على جميع المعلومات الوراثية. أنواع الكائنات الحية المختلفة تحتوي في خلاياها على أعداد مختلفة من الصبغيات، وهذا ما يسمى بالعدد الصبغي الخاص بكل نوع. كل خلية جسمية من خلايا الإنسان تحتوي على ٤٦ صبغيا، ماعدا الخلايا التكاثرية التي تحتوي على النصف وهو ٢٣ صبغيا. إن الطول الحقيقي لجزيء الـ «د. ن. أ» الذي يشكل العمود الفقري للصبغي

يساوي مترين، ولكن هذا الخيط المضاعف من الـ «د. ن. أ» يلتف حول نفسه مرات عديدة حتى يتم انكماشه آلاف المرات، ولذلك لا يمكن رؤيته بالعين المجردة.

معالجة المورثات أو المعالجة الجينية (Gene Therapy): وفيها يتم زرع مورثة سليمة لتحل محل، أو لتصحح عمل، مورثة مصابة عند شخص مريض يعاني إصابة تلك المورثة بطفرة أو عطل في عملها الوظيفي، بغاية تصحيح حالته المرضية. ويجري زرع ودمج المورثة السليمة في صبغي الشخص المصاب بطرق عديدة ومنها استخدام بعض الفيروسات بعد أن تُعدَّل وراثيا، حيث تُزَال المورثات الفيروسية الضارة وتُترَك الكمية الكافية من مورثات الفيروس التي تمكنه من نقل المورثة السليمة المراد إدخالها إلى صبغي المريض.

بلاسميد (Plasmid): وهو عبارة عن مادة من الـ «د. ن. أ» الذي يأخذ شكل الدائرة، وهي تتواجد بشكل رئيسي في خلايا الجراثيم المختلفة وبعض أنواع الخمائر، التي تتضاعف بشكل ذاتي ومستقل عن تضاعف الصبغيات، وهي عادة تضاعف نفسها قبل أن تنقسم الخلية البكتيرية وهكذا يتم توارثها وانتقالها إلى الخلايا الجرثومية الناتجة عن عملية الانقسام. وللبلاسميد وظائف كثيرة منها أنه يحتوي على مورثات تساهم في مساعدة البكتريا على مقاومة المضادات الحيوية. ولذلك فإن المضادات الحيوية التي يأخذها الإنسان في حالة الالتهابات قد تفقد مفعولها الدوائي، وذلك نتيجة لنشاط المورثات الموجودة في البلاسميد. وبما أن البلاسميدات هي جزيءات صغيرة من الـ «د. ن. أ» وأنها قادرة على أن تضاعف نفسها فإن العلماء يستخدمونها في التجارب الوراثية، وذلك في عمليات نسخ و مضاعفة أي قطعة «د. ن. أ» يجري ذلك بإدخال تلك القطعة المراد تكثيرها ضمن البلاسميد (وهذا البلاسميد الحاوي على قطعة «د. ن. أ» غريب عنه يسمى البلاسميد الهجين أو Recombinant DNA Molecule) وبعد ذلك ينقل البلاسميد الهجين إلى داخل البكتريا لكي يتضاعف ويتكاثر ليعطي ملايين بل مليارات النسخ التي يمكن بعد ذلك من عزلها وتنقيتها، وذلك لاستخدامها في الكشف عن المورثات الطافرة أو ما يسمى بعمليات التأشيب الجيني.



فيروس (**Virus**)؛ الفيروسات أصغر من البكتريا وأبسط في تركيبها وتحتوي على غلاف يوجد في داخله الجينوم التي تكون بسيطة التركيب مقارنة بالكائنات الأخرى، وتحتوي على عدد قليل من المورثات (حتى ١٢ مورثة)، والجينوم عند بعض أنواع الفيروسات يكون على شكل «ر. ن. أ» (كما هي الحال عند الفيروسات الارتجاعية ومثال عليها فيروس نقص المناعة المكتسب). والفيروسات لا تتكاثر بنفسها وإنما هي تهاجم الخلية المضيفة وتتكاثر داخلها بعد أن يتم اندماج مادتها الوراثية مع جينوم الخلية المضيفة.

أركيا (**Archaea**)؛ وهي كائنات تنتمي إلى طلائعيات النوى (Prokaryotes)، وهي تعيش في قيعان المحيطات التي لا تحتوي على الأوكسجين وفي الينابيع الساخنة.

دودة النيماتود (**Caenorhabditis elegans**)؛وهي دودة صغيرة مستديرة طولها ١ ملليمتر وجسمها يتكون من ٩٥٩ خلية. وهي تعيش في جميع الأماكن المعتدلة، وقد تتجاوز في العدد جميع أنواع الكائنات الحية شبيهة التعقيد والموجودة على وجه الأرض. وهي أهم مصادر سماد التربة الزراعية. وهذه الدودة تصيب حوالى ربع سكان الكرة الأرضية وهي تستطيع نقل مرض عمى النهر وداء الفيل. ولصغر حجمها فهي تستخدم كنمط رائع في التجارب العلمية التي تدرس علم التطور والوراثة. وقد قُرِئت شفرتها الوراثية في عام ١٩٩٨ وهي تساوي ٩٧ م ق.





المراجع

أولا المراجع العربية:

(١) **أحمد محمد كنعان:** الهندسة الوراثية، مقاربة فقهية. تعريب الطب، المجلد ٤، العدد ١، مارس ٢٠٠٠.

(٢) **حسين فضل الله وآخرون:** «الاستنساخ جدل العلم والدين والأخلاق»، إشراف د. هاني رزق، إعداد وتحرير عبد الواحد علواني، دار الفكر، دمشق، سوريا (طبعة عام ٢٠٠٠).

(٣) **دانييل كيفلس و ليروي هود:** «الشفرة الوراثية للإنسان، القضايا العلمية والاجتماعية لمشروع الجينوم البشري»، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٩٧، ترجمة الدكتور أحمد مستجير.

(٤) **ستيف جونز:** «لغة الجينات»، ترجمة أحمد رمو، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، ٢٠٠٠.

(٥) **د.صادق الهلالي ود.سفيان محمد العسولي:** «معجم الوراثيات والعلوم البيولوجية والجزيئية»، المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط (منظمة الصحة العالمية)، ١٩٩٣.

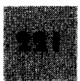
(٦) **عبد اللطيف ياسين:** «الاستنساخ بين الدين والعلم»، مطبعة اتحاد الكتاب العرب، دمشق، سوريا ٢٠٠٠.

(٧) **مات ريدلي:** «الجينوم، السيرة الذاتية»، ترجمة مصطفى إبراهيم فهمي، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت عدد ٢٧٥، ٢٠٠١.

(٨) **ناهدة البقصمي:** «الهندسة الوراثية والأخلاق»، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٩٣.

(٩) **هاني رزق:** «الدنا» (DNA) والتطور الموجه في القرن العشرين» عالم الفكر، مجلد ٢٩، العدد الثاني، أكتوبر/ ديسمبر ٢٠٠٠.

(١٠) **يوسف حتي و أحمد شفيق الخطيب:** «قاموس حتي الطبي» إنجليزي ـ عربي، مكتبة لبنان ـ بيروت الطبعة الخامسة، ١٩٩٩.



ثانيا: المراجع الأجنبية

(1) **Adams MD et al.:** The Genome Sequence of Drosophila melanogaster. Science 278: 2185-2195 (2000).

(2) **Alkhalaf M et al. :** MDM2 overexpression generates a skin phenotype in both wild type and p53 null mice. Oncogene 18:1419-1434 (1999).

(3) **Anderson S. et al:** Sequence and organization of the human mitochondrial genome. Nature, 290: 457-465 (1981).

(4) **THE ARABIDOPSIS GENOME INITIATIVE:** Analysis of the genome sequence of the flowering plant Arabidopsis thaliana, Nature 408, 796 - 815 (2000).

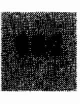
(5) **Baltimore D.:** Our genome unveiled : Nature 409: 814-816 (2001).

(6) **Blaese R, Culver K, Miller A, et al:** T lymphocytes-directed gene therapy for ADA-SCID. Initial trial results after 4 years. Science 270:475-480 (1995) see also: **Hall SJ et al.**: The promise and reality of cancer gene therapy. Am.J. Hum. Genet. 61: 785-789 (1997). And see: **Knoell DB, Yiu IM** : Human gene therapy for hereditary diseases: a review of trails. Am. J. health Syst. Pharm. 55: 899-904 (1998).

(7) **Blattner F. R. et al.:** The Complete Genome Sequence of Escherichia coli K-12. Science 277, 1453-1474 (1997).

(8) **Brunner HG:** Abnormal behavior associated with point mutation in the structural gene for Monoamine Oxidase A. Science 262: 578 - 580 (1993).

(9) **Bohossian HB, Skaletsky H, Page DC:** Unexpectedly similar rates of nucleotide substitution found in male and female hominids. Nature 406: 622-625: 2000.



(10) **The C. elegans Sequencing Consortium:** Genome Sequence of the Nematode C. elegans: A Platform for Investigating Biology. Science 282: 2012-2018 (1998).

(11) **Cavazzana-Calvo M. et al.:** Gene therapy of human severe combined immunodeficiency (SCID)-X1 disease. Science 288: 669-672 (2000).

(12) **Check E.:** Tragic setback. Nature 420:116-118, 2002.

(13) **Cook-Deegan R.:** The Gene Wars: science, politics, and the human genome. W.W. Norton Company, New York , 1995.

(14) **Donald M. MacKay:** Human science and human dignity, Downers Grove, III: InterVarsity Press, 1979.

(15) **Dubrova Y.E. et al.:** Human minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident. Nature 380:683-686 (1996).

(16) **Evans M.J. and Kaufman M.H.:** Establishment in culture of pluripotential cells from mouse embryos. Nature 292:154-156 (1981).

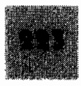
(17) **Ewing B. et al:** Analysis of expressed sequence tags indicates 35.000 human genes. Nature Genetics 25:232-234 (2000).

(18) **Fields C. et al:** How many genes in the human genome? Nature Genetics 7:345-346 (1994).

(19) **Gardner LI, Neu RL:** Evidence linking an extra Y chromosome to sociopathic behavior. Arch Gen Psychiatry 26: 220-222 (1972).

(20) **Gardner MJ et al.:** Genome sequence of the human malaria parasite Plasmodium falciparum. Nature 419: 498-511 (2002).

(21) **Gearhart G.:** New potential for human embryonic stem cells, Science 282: 10611062 (1998).



(22) **Gordon JW:** Genetic enhancement in humans, Science, 283:2023-2024 (1999).

(23) **Hamosh, A. et al.:** Online mendelian Inheritance in Man (OMIM). Hum. Mut. 15: 57-61 (2000).

(24) **Hattori M. et al:** The DNA sequence of human chromosome 21. Nature. 18; 405(6784): 311-319. (2000).

(25) **Herman Muller:** Artificial transmission of the gene. Science 66:84-87 (1927).

(26) **http://www.infobiogen.fr/services/chromcancer/Anomalies/Anomliste.ht.**

(27) **International Human Genome Sequencing Consortium:** Initial sequencing and analysis of the human genome. Nature, 409:860-921 (2001).

(28) **International SNP Map Working Group:** A map of human genome sequence variation containing 1.42 million single nucleotide polymorphisms. Nature 409: 928-933 (2001).

(29) **James C. Peterson:** Genetic turning points: The ethics of human genetic intervention, William B. Eerdmans publishing company, Grand Rapids, Michigan (2001), see also: **Kevin Davies**: Cracking the genome, Free Press (2001).

(30) **James M. Gustafson:** Basic ethical issues in the bio-medical fields, Soundings 52: 178 (1970).

(31) **Leon R. Kass:** "Making babies-The new biology and the old morality", Public Interest 26 (1972).

(32) **Lewin B:** Genes IV, Oxford University Press, Oxford (1997).

(33) **Liang F. et al:** Gene index analysis of the human genome estimates approximately 120.000 genes. Nature Genetics 25:239-240 (2000).

(34) **Linus C. Pauling:** Reflections on the New Biology. University of California and Los Anglos Law Review 15:268-272 (1968).

(35) **Lumelsky N. et al:** Differentiation of embryonic stem cells to Insulin-secreting structures similar to pancreatic islets. Science 292:1389-1394 (2001).

(36) **M. Gustafson:** Ethics from a theocentric perspective, vol. 1: Theology and ethics, University Chicago Press, (1981).

(37) **Markon KE et al:** Normal and abnormal personality traits: evidence for genetic and environmental relationships in the Minnesota Study of Twins Reared Apart, Journal of Personality 70:661-93 (2002).

(38) **Marshall E.:** HUMAN GENOME: Rival Genome Sequencers Celebrate a Milestone Together, Science 288: 2294-2295 (2000), see also: Pennisi E.: Human genome. Finally, the book of life and instructions for navigating it. Science. 288: 2304-2307. (2000).

(39) **Mary F. Lyon:** Gene action in the X chromosome of the mouse (mus musculus L.). Nature 190:372-374 (1961).

(40) **McKusick, V.A.:** Mendelian Inheritance in Man. Catalog of human genes and genetic disorders. 12th edition, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1998, (www.ncbi.nlm.nih.gov/omim), and see also : **Antonarakis S.E. and McKusik V. A.**: OMIM passes the 1000 disease-gene mark. Nature Genetics 25: 11. (2000).

(41) **MEWES HM et al.:** Overview of the yeast genome,. Nature 387. suppl. 7-8 (29 May 1997).

(42) **Mouse Genome Sequencing Consortium:** Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome, Nature 420: 520 - 562 (2002).

(43) **National Bioethics Advisory Commission (USA):** cloning human beings, vol. 1, Rockville, Md., page 3 (1997).

(44) **NICOLE T. PERNA et al.:** Genome sequence of enterohaemorrhagic Escherichia coli O157:H7. Nature 409, 529-533 (2001).

(45) **Paul Ramsey:** Fabricated man: The ethics of genetic control, New Haven: Yale University Press (1978).

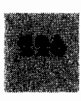
(46) **Pederson RA:** Embryonic stem cells for medicine. Scientific American, April 1999.

(47) **Pennisi E.:** Human genome. Reaching their goal early, sequencing labs celebrate. Science 300: 409 (2003).

(48) **Raper SE et al:** Safety and feasibility of liver-directed ex vivo gene therapy for homozygous familial hypercholesterolemia, Ann Surg. 223: 116-126 (1996).

(49) **Rouleau GA et al:** Alteration in a new gene encoding a putative membrane-organizing protein causes neuro-fibromatosis type 2. Nature; 363: 515-521 (1993).

(50) **Sapolsky R.:** It's not 'all in the genes'. The environment you grow up in is as important as your DNA in determining the person you ultimately become. Newsweek Apr 10;135: 68 (2000).



(51) **Schinzel A.:** Catalogue of unbalanced chromosome abserration in man, 2nd edition, Walter de Gruyter (2001).

(52) **Taylor R.:** Superhumans, New scientist 160: 24-29 (1998).

(53) **Teebi AS and Farag TI:** Genetic disorders among arab populations, Oxford monographs on medical genetics no. 30. Oxford University Press, 1997.

(54) **Thomson JA. et al.:** Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. Science 282: 1145-1147 (1998).

(55) **Tisdale J. Sadelain M:** Toward gene therapy for disorders of globin synthesis, Seminars in Hematology 38:382-392 (2001).

(56) **Toyooka S. et al:** The TP53 gene, tobacco exposure, and lung cancer. Hum Mutat 21(3):229-239 (2003).

(57) **Watson JD, Crick FH:** Molecular structure of nucleic acid. A structure for deoxyribose nucleic acid. Nature 171:737-738 (1953).

(58) **Wilmut I. et al.:** Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells, Nature 385:810-813 (1997).

(59) **Wivel N. and Walters L.:** Germ-line gene modification and disease prevention: some medical and ethical perspectives. Science 262:533-538 (1993).

(60) **Yu et al. :** A draft sequence of the rice genome. Science 296: 79-92 (2002).



المؤلف في سطور

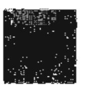
د. موسى محمد العبد الخلف

* ولد في سوريا في عام ١٩٦٠.
* تخرج في جامعة حلب في عام ١٩٨١.
* عمل معيدا في جامعتي حلب وتشرين بين عامي ١٩٨١ و ١٩٨٣.
* أوفد إلى فرنسا لدراسة الدكتوراه في عام ١٩٨٣.
* حصل على دبلوم الدراسات المعمقة من جامعة فرانش كونتيه الفرنسية في عام ١٩٨٥.
* حصل على جائزة أفضل باحث لعام ١٩٨٩ من مؤسسة البيولوجيا في بيزانصون.
* حصل على شهادة الدكتوراه في العلوم الصحية من جامعة فرانش كونتيه في عام ١٩٩٠.
* حصل على منحة منظمة بحوث السرطان الفرنسية في باريس المعروفة باسم Association pour la Recherche sur le Cancer.
* عمل مدرسا للوراثة الطبية في كلية الطب بجامعة فرانش كونتيه الفرنسية لغاية ١٩٩١.
* عين باحثاً في كلية الطب بجامعة مانيتوبا في كندا لغاية ١٩٩٣ نال خلالها منحة البحث العلمي من مؤسسة مانيتوبا للبحوث الطبية.
* عين باحثا في المركز الوطني للبحوث الصحية وكلية الطب بجامعة لويس باستور في ستراسبورغ الفرنسية لغاية ١٩٩٨.
* عمل مستشارا علميا لشركة GenSet الفرنسية (باريس) المتخصصة في التشخيص الجيني للأمراض الوراثية.



فخ العولمة

تأليف: هانس - بيتر مارتن
هارالد شومان
ترجمة: د. عدنان عباس علي



* يشغل الآن مرتبة أستاذ مساعد في كلية الطب بجامعة الكويت ويدير مختبر الوراثة الطبية التابع لكلية الطب.
* له أكثر من عشرين بحثا في اللغة الإنجليزية نُشِرت في مجلات علمية عالمية معروفة.
* مسؤول عن براءة اختراع تتعلق باستنساخ الحيوانات المعدلة وراثيا واستخداماتها في تجريب فعاليات الأدوية، وقد سُجلت في الولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٩٩.
* يعتبر هذا الكتاب باكورة إنتاجه الفكري في اللغة الأم (العربية).



سلسلة عالَم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - دولة الكويت - وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير العام ١٩٧٨.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة :

١ - الدراسات الإنسانية : تاريخ - فلسفة - أدب الرحلات - الدراسات الحضارية - تاريخ الأفكار.

٢ - العلوم الاجتماعية: اجتماع - اقتصاد - سياسة - علم نفس - جغرافيا - تخطيط - دراسات استراتيجية - مستقبليات.

٣ - الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي - الآداب العالمية - علم اللغة.

٤ - الدراسات الفنية : علم الجمال وفلسفة الفن - المسرح - الموسيقا - الفنون التشكيلية والفنون الشعبية.

٥ - الدراسات العلمية : تاريخ العلم وفلسفته ، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) - الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم)، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة لنشر الأعمال الإبداعية - المترجمة أو المؤلفة - من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

هذا الكتاب

يعرض هذا الكتاب ما يمكن، وما لا يمكن، لعلم الوراثة الحديث أن يقوله لنا حول أنفسنا، إنّه يضعنا في مواجهة الدهشة تماما، في مواجهة ما يعقل وجوده... وما لا يعقل. إنه كشف لأعماق أنفسنا، كشف لسر الحياة عبر عصورها البائدة، والسائدة والقادمة. إن كتاب «العصر الجينومي... استراتيجيات المستقبل البشري» يعد، بحق، إرهاصا لدخول العصر الجينومي، إذ اقتحمت البشرية بكرا في مجال المعرفة الإنسانية، وهو ما يسمى العصر الجينومي (The Genomic Era).

وهذا الكتاب ليس إلا خطوة جادة على الطريق الصحيح في مواجهة الزلازل العلمية الحقيقية، ولذا فإنه يصافح أذهاننا من خلال قراءة أولية في تفصيلات اكتشاف أبجدية اللغة التي كتبت بها ملحمة حياة الجنس البشري، وهو يبرهن على أننا في طريقنا إلى إماطة اللثام عن لغز الحياة الذي شغل الإنسان منذ بدء الخلق والوجود، وذلك بعيد تمكن العلماء من فهم كل المفردات والقواعد والصياغات التي تتشكل منها اللغة الجينومية.

ومن هنا فإنه دعوة مفتوحة للمجتمعات العربية والإسلامية لإعلان حالة الاستعداد القصوى لمواجهة هذا التطور الرهيب، وبالتالي التصدي للعاصفة التي سيثيرها على الصعد الاجتماعية والاقتصادية والأخلاقية على نطاق الفرد والمجتمع والعالم بأسره، خصوصا فيما يتصل بالتطبيقات المرتقبة للتقنيات الجينومية الجديدة، وتجارب الاستنساخ في مجالات التحسين الوراثي للجنس البشري. إنه - باختصار - إجابة عن أسئلة طرحت، واستشراف لأسئلة ستطرح...

ISBN 99906 - 0 - 108 -9

رقم الإيداع (٢٠٠٢/٠٠٠١٢)